

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOENÇAS INFECCIOSAS**

RHAYANE FIGUEIREDO RAMOS

**MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS DE *BIOMPHALARIA* SPP
(PRESTON, 1910) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - BRASIL**

VITÓRIA-ES

2018

RHAYANE FIGUEIREDO RAMOS

MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS DE *BIOMPHALARIA* SPP
(PRESTON, 1910) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - BRASIL

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Doenças
Infecciosas do Centro de Ciências da Saúde
da Universidade Federal do Espírito Santo,
como requisito para qualificação.

Orientador: Prof^a. Dr^a Blima Fux

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Narcisa Imaculada
Brant Moreira

VITÓRIA-ES

2018

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), incluindo os colegas de Departamento de parasitologia, por toda ajuda que me deram durante o período do mestrado.

Ao NEMES/SESA pelo fornecimento das informações malacológicas e dados da doença necessárias para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do estudo.

À minha querida orientadora Profa. Dra. Blima Fux pelo companheirismo, pela amizade, pela disponibilidade, pelo conhecimento e dedicação a este trabalho. Foi um prazer e uma honra trabalhar ao seu lado.

Da mesma forma, agradeço carinhosamente a minha co-orientadora Profa. Dra. Narcisa Imaculada Brant Moreira, pelo seu carinho, amizade, conhecimento e por toda ajuda que me deu neste trabalho. Foi uma honra enorme trabalhar ao seu lado.

Aos meus queridos amigos do mestrado, Raphael, Sabrina, Maralisi, Débora, Karina e Mariana, que estiveram sempre próximas, mesmo nos momentos mais corridos e difíceis. Foram uma força inesperada e fundamental para a realização deste trabalho.

Ao querido Claudiney Biral dos Santos, agradeço pela sua ajuda, pela troca de conhecimentos e principalmente por sua força na hora de realizar a busca de dados.

A querida Viviane Coutinho Meneguzzi, por toda a sua ajuda. Sem você este trabalho não teria sido o mesmo. Obrigada pela paciência que teve comigo e por todas as dicas que me deu.

Ao meu amigo e companheiro Leandro que sempre me deu forças para continuar o trabalho e sempre me apoiou nas horas difíceis.

Agradeço com muito carinho aos meus pais Rosângela e Manoel, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando, me ajudando e torcendo por mim. Não existem palavras suficientes para agradecer tudo o que vocês fizeram.

E por fim, agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para que mais essa etapa fosse percorrida!

Obrigada a todos!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é
senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

A esquistossomose mansônica é uma doença parasitária causada pelo *Schistosoma mansoni*. A transmissão é dada por moluscos de hábitos aquáticos, do gênero *Biomphalaria*, tendo três espécies de importância epidemiológica (*Biomphalaria glabrata*, *Biomphalaria straminea* e *Biomphalaria tenagophila*). No Brasil a espécie *Biomphalaria glabrata* é considerada o hospedeiro intermediário mais importante, em decorrência de sua extensa distribuição geográfica, altos índices de infecção e eficiência na transmissão da infecção. A esquistossomose é considerada endêmica em 47 dos 78 municípios do Espírito Santo (ES), onde os focos mais importantes estão localizados nas regiões serranas do Centro e Sul do estado, Baixo Guandu e Vale do Rio Doce. **Objetivo:** Neste trabalho foi realizado a análise da distribuição preditiva das principais espécies de *Biomphalaria* e sua relação com a transmissão da esquistossomose mansônica no estado do ES, Brasil. **Materiais e métodos:** Foi utilizado uma série histórica de casos notificados na Secretaria de Estado da Saúde do ES coletados pelo Núcleo de Entomologia e Malacologia do Espírito Santo no período de 2000 a 2016. Para avaliação dos mapas geoclimáticos foram analisadas 19 variáveis climáticas, pelo programa WorldClim, essas foram segmentadas em variáveis de temperatura, pluviosidade, bem como altitude e declividade disponibilizadas pelo IBGE, além do solo disponibilizada pela EMBRAPA/IBGE. Foram utilizados os programas ArcGIS e Maxent, para análise dos dados e posterior elaboração dos mapas de predição. **Resultados:** Foram avaliadas 23.738 amostras de planorbídeos do gênero *Biomphalaria* e 39.808 casos positivos notificados de Esquistossomose mansônica no estado do ES. Estes resultados foram obtidos pelo processo de geoprocessamento e modelagem, que permitiu concluir que algumas variáveis como temperatura e precipitação, estão altamente relacionadas a presença destes planorbídeos no estado. **Conclusões:** Este estudo apresenta, pela primeira vez, o mapa de ocorrência de Esquistossomose mansônica no estado do ES, comprovando a associação da sua distribuição com variações de temperatura, precipitação e altitude, além de identificar as áreas de maior probabilidade de ocorrência das espécies do planorbídeo do gênero *Biomphalaria*.

Palavras-chave: *Biomphalaria*; *Biomphalaria glabrata*; *Biomphalaria straminea*; *Biomphalaria tenagophila*; Modelagem; ES; Brasil.

ABSTRACT

Schistosomiasis mansoni is a parasitic disease caused by *Schistosoma mansoni*. The transmission occurs by aquatic mollusks, of the genus *Biomphalaria*, having three species of epidemiological importance (*Biomphalaria glabrata*, *Biomphalaria straminea* and *Biomphalaria tenagophila*). In Brazil, the species *Biomphalaria glabrata* is the most important intermediate host, due to its extensive geographical distribution, high infection rates and infection transmission efficiency. Schistosomiasis is endemic in 47 of the 78 municipalities of Espírito Santo (ES), where the most important foci are located in the central and southern regions of the state; Baixo Guandu and Vale do Rio Doce. **Objective:** In this work, was analyzed the predictive distribution of the main species of *Biomphalaria* and the relationship with the transmission of schistosomiasis mansoni in the ES state. **Materials and methods:** The historical series from 2000 to 2016 were collected by the Center of Entomology and Malacology of ES State and evaluated by geoclimatic maps. Nineteen variables were analyzed by WorldClim program, temperature, rainfall, altitude and slope that was available by IBGE, and soil by EMBRAPA / IBGE. The ArcGIS and Maxent programs were used to analyze the data and elaborate the prediction maps. **Results:** Out of 23,738 samples of *Biomphalaria* planorbids and 39,808 positive cases of schistosomiasis mansoni were evaluated in the ES state. These results were obtained from geoprocessing and modeling, which allowed to conclude that some variables such as temperature and precipitation, are highly related to the presence of these planorbids in the state. **Conclusions:** This study presents, for the first time, the map of the occurrence of schistosomiasis mansoni in the ES state, proving the association of the distribution depends of the temperature, precipitation and altitude in addition to identifying the areas of higher probability of occurrence of *Biomphalaria* genus.

Keywords: *Biomphalaria*; *Biomphalaria glabrata*; *Biomphalaria straminea*; *Biomphalaria tenagophila*; Modeling; ES; Brazil.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis utilizadas nos modelos preditivos de nicho ecológico para espécies de <i>Biomphalaria</i> spp e de esquistossomose no estado do Espírito Santo, extraídas da base de dados do WorldClim (2017), IBGE (2017).....	29
Tabela 2- Número de planorbídeos do gênero <i>Biomphalaria</i> , coletados no estado do Espírito Santo, Brasil, 2000 a 2016.	35
Tabela 3- Número de registros de presença das espécies de planorbídeos do gênero <i>Biomphalaria</i> que foram avaliados pelo programa maxent nos municípios do estado do Espírito Santo, Brasil, 2000 a 2016.	43
Tabela 4- Contribuição percentual média (%) das variáveis ambientais e meteorológicas utilizadas nos modelos preditivos de nicho ecológico das principais espécies de <i>Biomphalaria</i> no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.....	44
Tabela 5- Contribuição percentual média (%) das variáveis ambientais e meteorológicas utilizadas nos modelos preditivos de nicho de área de ocorrência de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.	50
Tabela 6- Contribuição percentual média (%) das variáveis ambientais e meteorológicas utilizadas nos modelos preditivos de nicho de área de ocorrência de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo sem os municípios da Grande Vitória, Brasil, de 2000 a 2016.	51
Tabela 7- Associação estatística entre esquistossomose mansônica e as três principais espécies transmissoras da doença.	52
Tabela 8- Resultado do teste qui-quadrado comparando a ocorrência de esquistossomose entre as regiões metropolitana e central do estado do Espírito Santo, considerando o ano de 2007 como ponto de corte.	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo de vida do <i>Schistosoma mansoni</i>	17
Figura 2- Localização geográfica e divisão regional do estado do Espírito	27
Figura 3- Localidades que registraram casos positivos para esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.	36
Figura 4- Relação de pontos de registro de casos autóctones de esquistossomose mansônica e pontos da espécie <i>Biomphalaria glabrata</i> no estado do Espírito Santo, Brasil.	37
Figura 5- Relação de pontos de registro de casos autóctones de esquistossomose mansônica e pontos da espécie <i>Biomphalaria straminea</i> no estado do Espírito Santo, Brasil.	38
Figura 6- Relação de pontos de registro de casos autóctones de esquistossomose mansônica e pontos da espécie <i>Biomphalaria tenagophila</i> no estado do Espírito Santo, Brasil.	39
Figura 8- Distribuição preditiva do nicho ecológico de <i>Biomphalaria glabrata</i> , determinada pelo programa Maxent, no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.	40
Figura 9- Distribuição preditiva do nicho ecológico de <i>Biomphalaria straminea</i> , determinada pelo Maxent, no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016. ...	41
Figura 10- Distribuição preditiva do nicho ecológico de <i>Biomphalaria tenagophila</i> , determinada pelo programa Maxent, no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.	42
Figura 11- Análise do impacto de cada variável geo-climática sobre o desempenho do modelo gerado para a <i>Biomphalaria glabrata</i> (teste Jackknife), avaliando o ganho obtido com a inclusão de alguma variável dentro do conjunto de variáveis e a perda decorrente de sua exclusão.	45
Figura 12- Análise do impacto de cada variável geo-climática sobre o desempenho do modelo gerado para a <i>Biomphalaria straminea</i> (teste Jackknife), avaliando o ganho obtido com a inclusão de alguma variável dentro do conjunto de variáveis e a perda decorrente de sua exclusão.	45
Figura 13- Análise do impacto de cada variável geo-climática sobre o desempenho do modelo gerado para a <i>Biomphalaria tenagophila</i> (teste Jackknife), avaliando o	

ganho obtido com a inclusão de alguma variável dentro do conjunto de variáveis e a perda decorrente de sua exclusão.46

Figura 14- Distribuição preditiva do nicho ecológico, gerada pelo Maxent, da área de ocorrência dos casos autóctones de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.48

Figura 15- Distribuição preditiva do nicho ecológico, gerada pelo Maxent, da área de ocorrência dos casos autóctones de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo sem os municípios da Grande Vitória, Brasil, de 2000 a 2016.....49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AUC	Area under curve (Área sob a curva)
AMBDATA	(Variáveis de distribuição para modelagem de destruição de espécies)
CDC	Centers for Disease Control and Prevention (Centros para Controle e prevenção de Doenças)
ENM	Ecologic Niche Modelling (Modelagem de Nicho Ecológico)
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS	Ministério da Saúde
NEMES/SESA	Núcleo de Entomologia e Malacologia da Secretaria de Estado da Saúde do ES
NEVE	Núcleo Especial de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde
ROC	Receiver Operating Characteristic (Característica de Operação do Receptor)
ROC-PLOT	Gráfico receptor-operador
RR	Relative rank (Posição relativa)
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission (Missão Topográfica Radar Shuttle)
SD	<i>Standard Deviation</i> (Desvio-Padrão)
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
OMS	Organização Mundial da Saúde
ES	Espírito Santo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Esquistossomose	14
1.1.1 Histórico	14
1.1.2 Agente etiológico - <i>Schistosoma mansoni</i>	16
1.1.3 Ciclo biológico	16
1.1.4. Hospedeiros	18
1.1.5 Sintomas clínicos	18
1.1.6. Diagnóstico e tratamento	19
1.2 Caramujos do gênero <i>Biomphalaria</i> – Hospedeiros intermediários de <i>S. mansoni</i>	19
1.2.1 Aspectos morfológicos	19
1.2.2 Aspectos biológicos	20
1.2.3 Importância Epidemiológica	21
1.3 Geoprocessamento	21
1.3.1 Modelagem para esquistossomose	22
2 JUSTIFICATIVA	24
3 OBJETIVOS	25
3.1 Objetivo Geral	25
3.2 Objetivos Específicos	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1 Área de estudo	26
4.2 Dados Malacológicos	27
4.3 Dados epidemiológicos	28
4.4 Variáveis ambientais e meteorológicas	28
4.5 Geoprocessamento	30

4.6	Modelagem da distribuição potencial das espécies de <i>Biomphalaria</i> e dos casos autóctones de esquistossomose notificados no estado do Espírito Santo	30
4.7	Sobreposição dos modelos de nichos ecológicos das espécies de <i>Biomphalaria</i> e os casos de esquistossomose	33
4.8	Análise de Dados	34
4.9	Aspectos éticos	34
5	RESULTADOS	35
5.1	Análise descritiva	35
5.2	Modelagem espacial dos nichos ecológicos das principais espécies de <i>Biomphalaria</i>	40
5.3	Modelagem espacial dos nichos de área de ocorrência de esquistossomose mansônica	46
5.4	Sobreposição dos modelos de nichos ecológicos das espécies de <i>Biomphalaria</i> e dos casos de esquistossomose	52
5.5	Análise estatística	52
6	DISCUSSÃO	54
6.1	Modelagem espacial da ocorrência de espécies de <i>Biomphalaria</i> e de casos de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo	54
7	CONCLUSÃO	59
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	ANEXO A - FOLHA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO	69

1. INTRODUÇÃO

A esquistossomose conhecida popularmente como “xistose”, “xistosa”, “xistosomose”, “doença dos caramujos”, “barriga d’água” é uma doença parasitária oriunda, possivelmente, das bacias do rio Nilo, Egito. No continente Americano apenas a espécie *Schistosoma mansoni* é o agente etiológico da esquistossomose (KATZ; ALMEIDA, 2003).

A esquistossomose mansônica por várias décadas tem sido negligenciada, mesmo sendo um grave problema de saúde pública. É uma doença típica de países tropicais e sub-tropicais, afetando principalmente as populações mais pobres, marginalizadas, onde falta a implementação de políticas públicas de saúde e medidas amplas de controle (BALTUSSEN, 2006; BRUUN; AAGAARD-HANSEN, 2008; HOTEZ; FEMWICK, 2009; HOTEZ et al., 2008; HOTEZ et al., 2006).

É uma das doenças parasitárias mais importantes e difundidas no mundo (BINA & PRATA, 2003), que facilmente se expande devido a sua associação com alguns fatores como a extensão de áreas agrícolas com projetos de irrigação, destruição ambiental, utilização das águas naturais contaminadas e ocupação das terras por populações de baixo nível socioeconômico (KATZ; PEIXOTO, 2000; TIBIRIÇÁ, 2008; TIMBÓ; LIMA, 1998).

Estima-se que mais de 700 milhões de pessoas vivem em áreas de risco em 78 países, e que mais de 200 milhões de pessoas estejam infectadas no mundo, sendo 90% residentes na África, com 20 milhões apresentando a forma severa da doença. Segundo Souza e Melo (2012), a esquistossomose afeta 4,6% da população brasileira, ou seja, aproximadamente 8 milhões de indivíduos estão infectados em todo o país e 25 milhões em risco de contrair a doença (DRUMMOND et al., 2006; ABDULLA et al., 2009; SAYED et al., 2008; BERTÃO et al., 2012; COURA; AMARAL, 2004; KATZ; PEIXOTO, 2000). Segundo Amaral e colaboradores (2006), a perspectiva sobre a erradicação da doença ainda é considerada um desafio para a sociedade.

No continente americano, além do Brasil, existem focos na Colômbia, Venezuela, Porto Rico, República Dominicana, Santa Lúcia, Guadalupe, Martinica, St. Kitts, Suriname, Montserrat, Haiti e San Martin (OLIVEIRA; SANTOS, 2002; SOUZA et al., 2007).

No Brasil a distribuição geográfica da esquistossomose é bastante ampla, compreendendo uma faixa litorânea que vai do Nordeste ao Sul do país. Existindo também focos isolados no Distrito Federal, Pará, Piauí, Goiás, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (COURA; AMARAL, 2004). O deslocamento das pessoas em busca de melhoria de vida, acaba sendo o principal fator para a disseminação deste parasito por todo território nacional. O crescimento desordenado decorrente do processo de urbanização, produziu grandes distúrbios ambientais resultando na disseminação de várias doenças, criando assim, novos sítios de infecção (KLOSS et al., 2008).

1.1 Esquistossomose

1.1.1 Histórico

A origem do *S. mansoni* é assunto muito controverso. Segundo Davis (1980, 1992), o gênero *Schistosoma* e os moluscos a ele relacionados evoluíram na Gondwana antes da desintegração da Pangéia e chegaram à Ásia através da placa Indiana dentro dos últimos 50 milhões de anos. Nessas condições, os ancestrais do helminto e dos moluscos transmissores já conviveriam nos territórios que hoje constituem a América do Sul e a África (CARVALHO et., 2008). Porém esta teoria é muito contestada.

Estudos de filogenética molecular do parasito, sugerem que o gênero *Schistosoma* se originou na Ásia e que um descendente colonizou a África, onde passou por extensa radiação. Depois recolonizou a Ásia e diversificou em grupos de espécies com ovos de espículo terminal e lateral (Zhang et al., 2001).

Em 1852, Theodor Bilharz, o primeiro pesquisador a descrever este parasito com riqueza de detalhes, ao realizar uma necropsia de um jovem egípcio, se depara com

um helminto na veia porta e descreve-o de forma minuciosa dando o nome de *Distomum haematobium* e, posteriormente de *Schistosoma haematobium* (KATZ, 2008).

Em 1902, Patrick Manson, pelas observações feitas durante o acompanhamento de um paciente inglês, levanta a hipótese da existência de duas espécies diferentes de *Schistosoma*. Em março de 1907, Sambon propõe a criação de uma nova espécie que acomete o homem e denominou o parasito de *Schistosoma mansoni* (CARVALHO et., 2008).

Em paralelo a Sambon, o médico brasileiro Manoel Augusto Pirajá da Silva descrevia uma possível espécie nova encontrada na Bahia, denominando-a *Schistosoma americanum* (KATZ; ALMEIDA, 2003). Seus estudos constituíram uma das contribuições mais importantes para a demonstração da especificidade do *S. mansoni*. Provavelmente por lhe faltar material africano desta espécie para estudos comparativos, exprimiu certa dúvida quanto à identidade entre as formas africana e americana, chegando mesmo a sugerir para esta última um novo nome, *S. americanum*. Entretanto, em todos os seus trabalhos sempre se referiu pelo nome *S. mansoni* ao parasito que estudava (CARVALHO et., 2008).

As espécies do gênero *Schistosoma*, que afetam o homem, provavelmente foram introduzidas no hemisfério ocidental com a chegada de escravos e de imigrantes orientais e asiáticos. Entretanto, apenas *S. mansoni* se fixou no continente Americano, devido ao encontro de bons hospedeiros intermediários e pelas condições ambientais semelhantes às da região de sua origem (MELO; COELHO, 2016; MAGALHÃES; DIAS, 1944). A utilização da mão de obra escrava na lavoura canavieira no nordeste brasileiro, cultura que se desenvolvia em áreas com grande aporte hídrico, associada às precárias condições de vida e à provável existência dos caramujos das espécies transmissoras do *S. mansoni*, foram as condições primordiais para o surgimento e introdução da esquistossomose na região Nordeste do Brasil (CARMO; BARRETO, 1994). Existem muitas espécies pertencentes ao gênero *Schistosoma*, causando doenças diferentes ao redor do mundo, como: *Schistosoma japonicum*, causador da esquistossomose japônica; *Schistosoma haematobium*, causador da

esquistossomose vesical ou urinária; *Schistosoma intercalatum*, causador de esquistossomose intestinal; *Schistosoma mekongi*, causador de esquistossomose intestinal; além de *Schistosoma bovis*, *Schistosoma mattheei*, *Schistosoma rodhaini*, causador de esquistossomose em animais e que, eventualmente, acometem o homem. *Schistosoma mansoni*, causador de esquistossomose mansônica, é a única espécie de interesse médico para a saúde pública brasileira (KATZ; ALMEIDA, 2003).

1.1.2 Agente etiológico - *Schistosoma mansoni*

Schistosoma mansoni é um trematódeo digenético que possui formas adultas que habitam a luz dos vasos sanguíneos do sistema porta hepático do hospedeiro definitivo, preferencialmente as vênulas do plexo hemorroidário superior e os ramos mais finos das veias mesentéricas (MAURER, 2005). Pertence ao filo Platyhelminthes, Classe Digenea, Família Schistosomatidae. Os representantes dessa família possuem sexos separados e acentuado dimorfismo sexual (CVE, 2007).

1.1.3 Ciclo biológico

Schistosoma mansoni possui duas fases distintas no seu ciclo de vida (Figura 1): uma no homem, que é o principal hospedeiro definitivo e outra que ocorre no caramujo do gênero *Biomphalaria*, que é o hospedeiro intermediário. Possui também duas passagens de larvas no meio aquático, que se alternam com as fases parasitárias. As formas evolutivas são seis, que consistem no verme adulto (macho e fêmea), ovo, miracídio, esporocisto, cercária e esquistossômulo (KATZ; ALMEIDA, 2003).

Os vermes adultos (macho e fêmea) vivem nos vasos sanguíneos do sistema porta-hepático do hospedeiro definitivo. A postura de ovos ocorre nos vasos capilares do intestino do hospedeiro, quando então passam para a luz intestinal e são eliminados juntos com as fezes (KATZ; ALMEIDA, 2003).

Os ovos eliminados do *S. mansoni*, quando alcançam uma coleção hídrica, eclodem e liberam larvas ciliadas denominadas miracídeos, que nadam ativamente e penetram nos moluscos, hospedeiros intermediários. Nestes, transformam-se em esporocistos primários e secundários e posteriormente, dão origem à segunda fase de vida livre do parasito, as cercárias, que possuem uma cauda bifurcada, após 25 a 35 dias. Estas cercárias saem do molusco e ao entrarem em contato com pele ou mucosa do hospedeiro definitivo penetram ativamente, transformando-se em esquistossômulos. Estes migram via circulação sanguínea e linfática, para o coração, pulmão, fígado e veias mesentéricas, onde alcançam a maturidade em 25 a 28 dias. Nas veias mesentéricas inferiores ocorre a cópula, seguida de oviposição a partir do 35º dia após a penetração das cercarias (GRYSEELS et al., 2006; KATZ; ALMEIDA, 2003; SOUZA et al., 2011; VITORINO et al., 2012; MELO; COELHO, 2016).

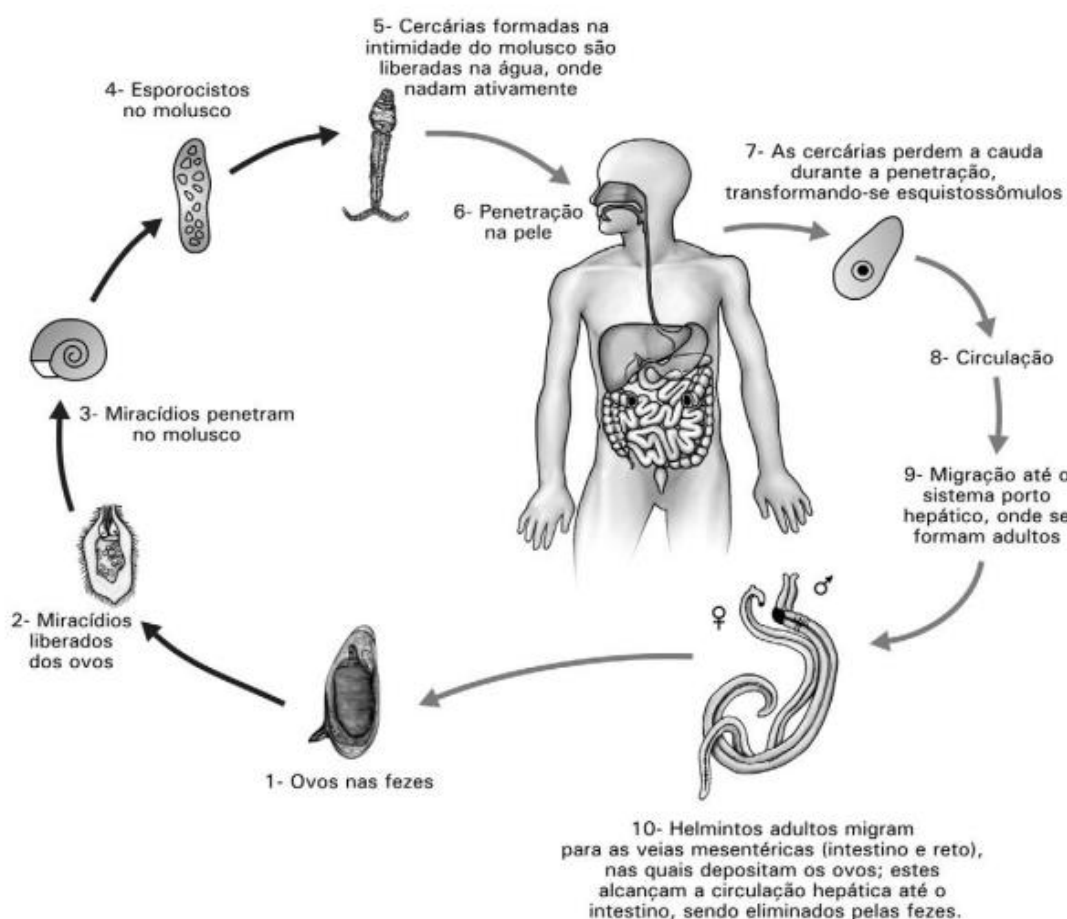


Figura 1- Ciclo de vida do *Schistosoma mansoni*.

Fonte: Souza et al. (2011)

1.1.4. Hospedeiros

O homem é o principal hospedeiro definitivo da esquistossomose mansônica, possibilitando assim a eliminação dos ovos do *S. mansoni*, no ambiente, pelas fezes. Outros animais como roedores, primatas, marsupiais, são experimentalmente infectados por *S. mansoni*. Os moluscos transmissores de *S. mansoni* pertencem à família Planorbidae. A família Planorbidae compreende duas subfamílias – Planorbinae e Bulininae, entre os membros da subfamília Planorbinae, o gênero *Biomphalaria*, abriga as três espécies transmissoras de *S. mansoni* no Brasil: *B. glabrata*, *B. tenagophila* e *B. straminea* (CARVALHO et., 2008).

Os moluscos são bem antigos na história da evolução do planeta, os registros geológicos mais antigos para os moluscos da família Planorbidae comprovam sua presença desde o período jurássico, há cerca de 160 milhões de anos (NEVES, 2005). O nome *Biomphalaria* (do latim bis = duas vezes; do grego omphalos = umbigo) em referência ao aprofundamento do giro central nos dois lados da concha (CARVALHO; et al., 2008).

1.1.5 Sintomas clínicos

Os sinais e sintomas da esquistossomose mansônica dependem muito da interação parasito-hospedeiro, ligados diretamente a cepa infectante, fase evolutiva, intensidade e número de infecções obtida pelo indivíduo. A fase aguda pode ser assintomática ou apresentar-se como dermatite cercariana, caracterizada por micropápulas eritematosas e pruriginosas. Esses sintomas podem ser acompanhados de diarreia, náuseas, vômitos ou tosse seca, e hepatomegalia. Após seis meses de infecção, há risco de o quadro clínico evoluir para fase crônica com sintomas de hepatoesplênica compensada ou descompensada. Podem ainda surgir em localizações atípicas e ectópicas, como a forma pseudotumoral, com sintomatologia obstrutiva intestinal ou peritoneal; forma cutânea, com lesões papulogranulomatosas e nervosa, representada pela mielorradiculopatia esquistosomótica, sendo esta a mais grave (SOUZA et al., 2011; SILVA et al., 2004; PIMENTA et al., 2010; KALIL et al., 2006; NUNES, et al., 2013)

1.1.6. Diagnóstico e tratamento

O diagnóstico da esquistossomose mansônica é feito por exames parasitológico de fezes e testes imunológicos, além da reação em cadeia da polimerase (PCR). Nos programas de controle da esquistossomose, o exame parasitológico, vem sendo utilizado como método único para selecionar os indivíduos a serem submetidos à quimioterapia (FAVRE et al., 2001; GARGIONI et al., 2008; BRASIL, 2008).

O tratamento é simples e gratuito, devido à disponibilidade de fármacos nos serviços de saúde, que são administradas por via oral e dose única, com ação rápida e pouca sintomatologia (KATZ; CARVALHO, 1983; KATZ et al., 1989).

1.2 Caramujos do gênero *Biomphalaria* – Hospedeiros intermediários de *S. mansoni*

1.2.1 Aspectos morfológicos

A família Planorbidae, possui características em comum: concha planispiral, tentáculos longos e filiformes, e aberturas genitais à esquerda (BRASIL, 2014). Um diâmetro que varia nos indivíduos adultos entre 7mm e 40mm. Possuem pé oblongo, possuindo mais comprimento do que largura e na porção cefálica da massa visceral, o manto dobra-se para formar a cavidade pulmonar. (BRASIL, 2008).

No Brasil, até o momento foram descritas onze espécies e uma subespécie de moluscos do gênero *Biomphalaria* (Preston, 1910): *B. glabrata* (Say, 1818), *B. tenagophila* (Orbigny, 1835), *B. straminea* (Dunker, 1848), *B. peregrina* (Orbigny, 1835), *B. schrammi* (Crosse, 1864), *B. kuhniana* (Clessin, 1883), *B. intermedial* (Paraense; Deslandes 1962), *B. amazonica* (Paraense; Deslandes, 1966), *B. oligoza* (Paraense, 1974), *B. occidentalis* (Paraense, 1981), *B. cousini* (Paraense, 1966) e *B. tenagophila guaibensis* (Paraense, 1984). Das onze espécies pertencentes ao gênero *Biomphalaria*, apenas três são encontradas eliminando cercárias na natureza, *B. glabrata* (Say, 1818), *B. tenagophila* (d'Orbigny, 1835), *B. straminea* (Dunker, 1848) (Figura 2) (CORREA; PARAENSE, 1970; PARAENSE; CORREA, 1973; CALDEIRA et al., 2010).

Em relação aos hospedeiros intermediários de *S. mansoni*, *B. glabrata* é conhecida como a maior espécie da família Planorbidae, e seu manto apresenta uma crista pigmentada sobre o tubo renal (BRASIL, 2008). *B. tenagophila* possui concha um pouco menor que *B. glabrata* (BARBOSA, 1995) e apresenta sistema reprodutor com bolsa vaginal bem definida, anatomia quase idêntica à de *B. glabrata*, diferindo apenas pela ausência da crista renal ou linha renal pigmentada (BRASIL, 2008). *B. straminea* é a menor das três espécies de importância epidemiológica (BARBOSA, 1995), possui vagina com parede dorsal ondulada, que difere das outras duas espécies (BRASIL, 2008).

1.2.2 Aspectos biológicos

Os planorbídeos são encontrados em uma variedade de coleções hídricas naturais ou artificiais de água doce, com pouca profundidade, mas podendo sobreviver a profundidades de até 10 metros, com uma correnteza de pouca velocidade, como lagos, lagoas, poços, cisternas, pântanos, córregos e valas de irrigação. Nestes locais o substrato pode ser lamacento, pedregoso e com vegetações flutuantes ou enraizadas, facilitando sua adaptação às diferentes condições ambientais demonstrando que são capazes de suportar variações físicas, químicas e biológicas no ambiente (JUBERG et al., 1987; WHO, 1957). Nestas condições, o molusco se retrai para o interior de sua concha, atingindo um estado caracterizado pela diapausa e anidrobiose, processo interrompido quando entra novamente em contato com a água (PIERI; JURBERG, 1991; TUAN, 2009; DANNEMANN; PIERI, 1989; DIAS et al., 1994; OLIVEIRA; SANTOS, 2002; MOURA et al., 2005).

No Brasil, diversos estudos em comunidades rurais demonstraram que topografia, vegetação, temperatura, tipo de solo, níveis de saneamento básico, densidade populacional, número, distribuição, índices de infecção do hospedeiro intermediário e contato com coleções hídricas habitadas por moluscos infectados são os determinantes para a prevalência da infecção humana por *S. mansoni*. Por outro lado, os padrões de precipitação pluviométrica têm efeitos marcantes sobre a população de moluscos. Durante as estações chuvosas verifica-se um decréscimo no número de moluscos, enquanto nos períodos de seca ocorre um acréscimo nas populações

(PIERE; THOMAS, 1987, KLOETZEL; VERGETTI, 1988, MARCAL et al., 1991, BAVIA et al., 1999, 2001).

1.2.3 Importância Epidemiológica

O estudo do gênero *Biomphalaria* tem importância significativa para interpretação correta do papel destes hospedeiros na transmissão da esquistossomose e para orientar as medidas de controle adequadas a cada região. O monitoramento destes caramujos faz parte de um conjunto de medidas de vigilância e fiscalização da esquistossomose, obedecendo à legislação vigente, às normas e diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2008).

Biomphalaria glabrata é o mais importante hospedeiro intermediário do *S. mansoni* nas Américas, responsável pela transmissão da esquistossomose em quase todas as regiões onde ocorre a doença, altamente susceptível a *S. mansoni*, com taxas de infecção superiores a 50% (CARVALHO et al., 2008; TIMBÓ; LIMA, 1998). *Biomphalaria straminea* é menos susceptível comparada com a *B. glabrata*, porém sua distribuição é mais abrangente, com capacidade de manter elevadas taxas de infecção. Já *B. tenagophila* é a espécie responsável pela maioria dos casos autóctones de esquistossomose na região Sudeste e pelos focos da doença na região Sul do Brasil (CARVALHO et al., 2008).

O aspecto ecológico da *Biomphalaria* é muito relevante para a epidemiologia da esquistossomose, pois o molusco mesmo em estágios de dormência pode albergar formas imaturas do *S. mansoni* e completar o ciclo de transmissão quando o hospedeiro retorna à atividade normal, além disso, o seu elevado potencial reprodutivo e sua capacidade de autofecundação são fundamentais para a rápida recolonização dos criadouros (PIERE; FAVRE, 2008; DANNEMANN; PIERI, 1989).

1.3 Geoprocessamento

Geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de ciências e tecnologias utilizadas na aquisição, armazenamento, gerenciamento, manipulação, cruzamento, exibição, documentação e distribuição das informações geográficas. Entre as

tecnologias integradas ao Geoprocessamento, destacam-se: o Sistema de Posicionamento Global (GPS), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR). O GPS é um sistema que provê as medições da latitude, longitude e altura em qualquer ponto da Terra baseado nas informações recebidas de satélites (CAMARA et al., 1996).

SIG e SR podem fazer uma análise complexa de um grande número de informações e a visualização dos resultados dada em mapas gráficos. O SR tem sido utilizado e adaptado para diversas áreas e desde a década de setenta foi aplicado às ciências sociais e saúde (CLINE, 1970). Existem inúmeras informações recolhidas de dados de SR, descrevendo fatores bióticos e alguns abióticos (BECK et al., 2000).

1.3.1 Modelagem para esquistossomose

A Saúde pública e o meio ambiente são influenciados pelos padrões de tempo e espaço. Por isso, a utilização de técnicas de geoprocessamento na análise da distribuição espacial possibilita determinar os locais de risco e delimitar áreas que concentram as situações mais vulneráveis, como a ocorrência das doenças, características do meio ambiente e habitat do hospedeiro intermediário/vetor. Também é possível com o uso dos sistemas de informações geográficas: planejar, programar, controlar, monitorar e avaliar as doenças em grupos segundo o seu risco de transmissão (CARVALHO, et al., 2000).

O uso dessas ferramentas tem sido facilitado pelo acesso a bases de dados epidemiológicos, possibilitando a produção de mapas temáticos que contribuem para a formulação de hipóteses a respeito da distribuição espacial das doenças e sua relação com as variáveis socioeconômicas (ROJAS et al., 1999).

A aplicação das técnicas de SIG e SR para o mapeamento de risco de doenças parasitárias, incluindo a esquistossomose, tem sido feito ao longo dos últimos 15 anos (RASO et al., 2005).

Cline (1970), destacou o potencial das técnicas de sensoriamento remoto (imagens aéreas) conjugado com o SIG para melhor compreensão da epidemiologia e controle da esquistossomose na África. Porém, as técnicas de geoprocessamento no estudo da esquistossomose foram utilizadas pela primeira vez por Cross & Bailey (1984) e Cross e colaboradores (1984) que usaram dados do satélite Landsat para prever a ocorrência da doença nas Filipinas e no Caribe.

No Brasil, o uso de SIG na esquistossomose foi utilizado pela primeira vez por Bavia e colaboradores (1999) no estado da Bahia. Os autores construíram mapas com características ambientais (precipitação total durante três meses consecutivos, temperatura máxima e mínima anual e a diferença diurna da temperatura), prevalência do *S. mansoni* e a distribuição do molusco para estudar a dinâmica espacial e temporal da infecção e identificar os fatores ambientais que influenciam a distribuição da esquistossomose. Os resultados indicaram que a densidade de população e a duração do período seco anual são as determinantes mais importantes da prevalência da esquistossomose nas áreas selecionadas para o estudo.

2 JUSTIFICATIVA

O estudo da ocorrência e distribuição de moluscos do gênero *Biomphalaria*, ainda é bastante precário, apesar da esquistossomose ser endêmica em 47 dos 78 municípios do Espírito Santo, onde os focos mais importantes estão localizados nas regiões serranas do Centro e Sul do estado, Baixo Guandu e Vale do Rio Doce.

A modelagem espacial tem sido um instrumento útil para pesquisadores da área da saúde auxiliando no planejamento, monitoramento e avaliação de programas de saúde pública. A partir desta ferramenta, pode-se construir modelos de nichos ecológicos de planorbídeo, bem como relacionar a ocorrência e a possibilidade de controle da esquistossomose.

Neste sentido, o presente estudo avaliou a distribuição potencial das principais espécies de *Biomphalaria* e sua relação com a transmissão da esquistossomose no estado do Espírito Santo, a partir da utilização de técnicas de modelagem espacial e predição de áreas com potencial de risco.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar a distribuição preditiva das principais espécies de *Biomphalaria* e sua relação com a transmissão da esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo, Brasil.

3.2 Objetivos Específicos

- Construir modelos de nicho ecológico para as principais espécies transmissoras de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo;
- Gerar modelos de distribuição da doença a partir dos casos notificados;
- Correlacionar os mapas de distribuição de espécies do gênero *Biomphalaria* e de casos autóctones notificados visando definir o papel de cada espécie na transmissão da doença.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estado do Espírito Santo, localizado na região sudeste do país, possui uma área de 46.086,907 km² com longitudes 17°53'29"S 21°18'03"S e latitudes 39°41'18"W 41°52'45"W, abrangendo 78 municípios (Figura 3) e uma população de 3.514.952 habitantes com densidade populacional média de 76,25 hab/km² predominantemente urbana (83,4%) (IBGE, 2017; IJSN, 2018).

O território do Espírito Santo possui duas regiões naturais distintas, o litoral e o planalto. O clima é tropical úmido, com temperaturas médias anuais que variam em torno de 23°C e o volume de precipitação é superior a 1.400 mm por ano, possuindo uma vegetação típica de floresta tropical e vegetação litorânea. Quanto à altitude, algumas regiões podem chegar a 2.897 metros acima do nível do mar. Na hidrografia o rio Doce, é o mais importante do estado, mas também se destacam os rios São Mateus, Itaúnas, Itapemirim, Jucu, Mucurí e Itabapoana (ESPÍRITO SANTO, 2015; FEITOZA; STOCKING; RESENDE, 2001; IPEMA, 2005).



Figura 2- Localização geográfica e divisão regional do estado do Espírito

Fonte: IJSN, 2012.

4.2 Dados Malacológicos

Os dados de coletas obtidos a partir de relatórios eletrônicos com auxílio do Núcleo de Entomologia e Malacologia do Espírito Santo (NEMES), da Secretaria de Estado da Saúde foram utilizados para confecção da modelagem da distribuição de *Biomphalaria* spp no estado do Espírito Santo.

4.3 Dados epidemiológicos

O levantamento dos casos autóctones de esquistossomose, incluindo série histórica e exames foram obtidos a partir de relatórios eletrônicos no Núcleo Especial de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde.

Os pacientes incluídos neste trabalho representam uma demanda espontânea da população de todo o estado e de regiões próximas, de estados vizinhos, que procuraram assistência nos hospitais do Espírito Santo. Por ser uma doença de notificação compulsória, os registros dos locais de residência dos pacientes, além da especificação do local de ocorrência da exposição, são descritos no atendimento ao paciente.

4.4 Variáveis ambientais e meteorológicas

As variáveis ambientais e meteorológicas foram obtidas a partir da base de dados do WorldClim (<http://www.worldclim.org/>), representando 19 variáveis, denominadas como BIO1 até BIO19. Adotou-se a resolução espacial de 30 arcseg, o que equivale a um pixel de 1 km, para a geração dos modelos de ocorrência de espécies de *Biomphalaria* spp no estado do Espírito Santo (BECKER et al., 2009; MOSIER, 2014) (Tabela 1). As informações fornecidas pelo WorldClim são derivadas de informações obtidas em pontos fixos de monitoramento de temperatura e pluviosidade, com modelos de distribuição preditiva descritos no próprio sítio eletrônico.

Os dados para as variáveis bioclimáticas foram gerados a partir de interpolações de informações climáticas de 1950 a 2000, obtidos de aproximadamente 50.000 estações distribuídas ao redor do mundo.

Os dados de altitude e declividade, foram gerados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e estão disponíveis no AMBDATA (Variáveis de distribuição para modelagem de destruição de espécies) que possui uma base de dados gerados pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em parceria com diversos órgãos governamentais (<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/>) e de solos,

pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) em parceria com o IBGE (<http://dados.gov.br>) (Tabela 1).

O recorte e seleção das variáveis ambientais, assim como a delimitação da área de interesse para cada uma delas, foi realizada com auxílio da ferramenta ArcMap do SIG ArcGIS® versão 10.2.2 (Environmental Systems Research Institute-ESRI, Redlands, California, United States of America) utilizando o Datum SIRGAS 2000 para as projeções geográficas e em relação ao georreferenciamento das localidades do Estado do Espírito Santo, foi utilizado o GPS.

Tabela 1- Variáveis utilizadas nos modelos preditivos de nicho ecológico para espécies de *Biomphalaria* spp e de esquistossomose no estado do Espírito Santo, extraídas da base de dados do WorldClim (2017), IBGE (2017).

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	FONTE
BIO 1	Temperatura média anual (oC*10)	WorldClim
BIO 2	Oscilação térmica diária (oC*10)	WorldClim
BIO 3	Isotermalidade (%)-variação diária média / temperatura média anual	WorldClim
BIO 4	Sazonalidade térmica (desvio-padrão*100)	WorldClim
BIO 5	Temperatura máxima do mês mais quente (oC*10)	WorldClim
BIO 6	Temperatura mínima do mês mais frio (oC*10)	WorldClim
BIO 7	Oscilação térmica anual (oC*10)	WorldClim
BIO 8	Temperatura média da estação mais úmida (oC*10)	WorldClim
BIO 9	Temperatura média da estação mais seca (oC*10)	WorldClim
BIO 10	Temperatura média da estação mais quente (oC*10)	WorldClim
BIO 11	Temperatura média da estação mais fria (oC*10)	WorldClim
BIO 12	Precipitação anual (mm)	WorldClim
BIO 13	Precipitação do mês mais úmido (mm)	WorldClim
BIO 14	Precipitação do mês mais seco (mm)	WorldClim
BIO 15	Sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação)	WorldClim
BIO 16	Precipitação da estação mais úmida (mm)	WorldClim
BIO 17	Precipitação da estação mais seca (mm)	WorldClim
BIO 18	Precipitação da estação mais quente (mm)	WorldClim
BIO 19	Precipitação da estação mais fria (mm)	WorldClim
ALTITUDE	Altitude do terreno	IBGE
DECLIVIDADE	Relevo em graus (0° a 90°)	IBGE
SOLOS	Tipos de solos	Embrapa/ IBGE

4.5 Geoprocessamento

Utilizando bancos de dados GEOBASES, IBGE e croquis disponíveis na Universidade Federal do Espírito Santo, os casos de esquistossomose e os dados de coletas malacológicas foram georreferenciados, com o nível de proximidade mais preciso possível. Para isto, foi adotado a identificação do local descrita nas planilhas geradas eletronicamente pelo NEMES e Núcleo Especial de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde (NEVE) durante a consulta.

Para localidades com mais de um caso diagnosticado ou coletas realizadas no mesmo ano, foram empregados georreferenciamentos iguais para não gerar pontos sobrepostos e para as localidades dos quais não foram encontrados nenhum ponto de georreferenciamento, foram usados os pontos mais próximos possíveis.

4.6 Modelagem da distribuição potencial das espécies de *Biomphalaria* e dos casos autóctones de esquistossomose notificados no estado do Espírito Santo

O processo de modelagem consiste em converter estes dados primários de ocorrência de uma espécie em mapas de distribuição geográfica, indicando assim a provável presença ou ausência da espécie (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006). Para a modelagem preditiva, as camadas ambientais foram padronizadas para permitir a posterior análise pelo pacote estatístico Maxent. Esta padronização, assim como a delimitação da área de interesse, neste caso o Espírito Santo, foi realizada com auxílio da ferramenta ArcMap, do (SIG) ArcGIS® versão 10.2.2 ESRI para as análises espaciais (ESRI, 2017).

Utilizando os mesmos padrões das camadas ambientais, foi criada uma camada adicional contendo apenas os pontos relativos aos casos georreferenciados para posterior sobreposição aos mapas gerados.

O algoritmo de máxima entropia Maxent versão 3.3.3k (<https://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) foi utilizado na predição dos modelos de distribuição potencial das 3 espécies de planorbídeos do gênero *Biomphalaria* e dos casos autóctones de esquistossomose. Ao levar em consideração

as informações obtidas com o cruzamento dos dados de pontos de ocorrência e as características ambientais obtidas, o programa cria uma série de regras e fórmulas, que podem ser entendidas como restrições à distribuição aleatória. A seguir, calcula a melhor maneira de explicar a máxima entropia aplicando estas restrições, permitindo neste ponto definir aquelas que influenciam a distribuição particular da espécie em estudo (JAYNES, 1957; MANA, 2009).

Maxent utiliza os mapas com as camadas geoclimáticas feitas no ArcGIS®, apresentadas na forma de um gradilhado de fundo com pixel de 1km². Durante a geração do modelo, adiciona pontos aleatórios dispersos, denominados pontos de fundo (*'background points'*), inclusive sobre as áreas de ocorrência conhecidas. A seguir, cria tabelas com as informações das camadas abióticas para o grupo de pontos de ocorrência e para o grupo de pontos de fundo e cria uma razão entre eles, que pode ser também descrita como entre os dados de ocorrência e a aleatoriedade (ELITH et al., 2011). Esta simulação é repetida diversas vezes, para reduzir erros de casualidade amostral, e é apresentada como a média e desvio-padrão destas repetições. O processamento foi replicado 10 vezes para cada espécie e a média calculada (PHILLIPS, 2016).

Os mapas de distribuição potencial de *B. glabrata*, *B. tenagophila* e *B. straminea* foram elaborados pelo algoritmo de máxima entropia, o Maxent. Este algoritmo é um método que visa realizar previsões ou inferências a partir de dados de ocorrência de uma espécie e dados ambientais relevantes, ajustando a distribuição do objeto de estudo para um conjunto de pixels, prevendo a probabilidade de ocorrência em determinada região. Este método vem sendo muito utilizado para a modelagem de distribuição de espécies e vem crescendo consideravelmente sua aplicação na área da saúde (ANDERSON et al., 2003; PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006; ELITH et al., 2006; HERNANDEZ et al., 2006; MANYANGADZE et al., 2016).

O programa faz uma separação da amostra fornecida em dois subgrupos, denominados grupos treino e grupo teste, independentemente do seu tamanho amostral. O primeiro é aquele utilizado para realizar os processos descritos até aqui. O segundo, geralmente correspondente a taxas de 20% a 40% da amostra total, é utilizado após a fase de treino e serve como validação do modelo gerado, de forma que a hipótese criada para explicar a distribuição dos casos é aplicada sobre o mapa

e avalia a capacidade de prever a distribuição destes componentes (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006).

Para avaliar então a qualidade do modelo gerado é necessário avaliar um conjunto independente de dados divididos em treino e teste, antes de efetuar a modelagem. Os dados de ocorrência foram alocados pelo Maxent em dois grupos: um grupo para a calibração/treino do modelo (75% das localidades de ocorrência), outro para a validação/teste do modelo (25% das localidades de ocorrência) e optou-se pela aplicação de 10.000 *background points*.

Em seguida, realiza-se a análise da curva característica de operação (ROC) que afere o desempenho do modelo por um único valor, que representa a área sob a curva (AUC), esta área significa a acurácia do índice e varia de zero a um. Uma AUC de 0,5, indica que o índice não tem poder de predição. Uma AUC igual a 1 indica um perfeito poder de predição (HOSMER; LEMESHOW, 2000). Adotou-se a interpretação de Hosmer e Lemeshow que considera valores de: 0,5-0,6= sem discriminação; 0,6-0,7= discriminação; 0,7-0,8= modelo aceitável; 0,8-0,9= modelo excelente e 0,9-1= resultado marcante. A análise da curva ROC é baseada na medida da sensibilidade, que é a taxa de verdadeiros positivos (ausência de erro de omissão) versus a especificidade que é a taxa de falso positivo (erro de sobreprevisão) (DUTRA; CARVALHO, 2008).

A contribuição percentual de cada variável foi fornecida pelo Maxent, onde cada variável foi avaliada individualmente (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006; PHILLIPS, 2017). Philips e colaboradores (2006) ainda destacam uma série de potenciais fatores que podem afetar negativamente a acurácia deste tipo de modelagem. Primeiro, é a qualidade dos dados de ocorrência que precisa ser análogo a representação da área do estudo, pois ao contrário, a ocorrência de vieses amostrais, como a busca ativa de casos de mais fácil acesso em detrimento daqueles mais distantes e falhas metodológicas no processo de amostragem, podem produzir efeito de auto-correlação espacial. Outras deficiências, como falhas e imprecisão geográfica dos registros e erros diagnósticos podem levar à utilização pelo programa

de dados de falsa-ocorrência, portanto, poluindo a análise estatística (DALAPICOLLA, 2015; PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006).

O programa Maxent fornece, ainda, um segundo teste que avaliou qual foi o desempenho de cada variável durante o processo de geração do modelo denominada pelo programa como ganho. Esta análise é feita por meio do teste Jackknife, que demonstra o ganho individual de cada variável, enquanto todas as demais têm sua contribuição fixada no valor médio de ganho.

4.7 Sobreposição dos modelos de nichos ecológicos das espécies de *Biomphalaria* e os casos de esquistossomose

Para avaliar qual das espécies de *Biomphalaria* está mais associada à ocorrência da esquistossomose no estado foi realizada a sobreposição dos nichos ecológicos das espécies e os casos da doença, utilizando o programa ENMtools (Toolbox for comparative studies of environmental niche models) (<http://enmtools.blogspot.com.br/>). Este software, é uma ferramenta computacional que interage com o programa Maxent, permitindo ao usuário calcular medidas de similaridade de modelos de nicho ecológico (ENMs) e implementar medidas de comparação estatística.

A similaridade de nicho dos modelos gerados neste estudo foi feita pela versão ENMtools 1.4.4, que é um script Perl com uma interface gráfica escrita com um pacote Tk o qual trata-se de um programa específico para compilação dos dados apresentados. O ENMtools quantifica a similaridade de nicho usando três medidas: o índice Schoener's D (SCHOENER, 1968); o índice I statistic (WARREN et al., 2008) e RR - Relative Rank (WARREN; SEIFERT, 2011). Essas estatísticas quantificam a sobreposição de nicho a partir de modelos gerados pelo Maxent, variando de 0 (sem sobreposição) a 1 (sobreposição completa) (WARREN et al., 2008; WARREN et al., 2010).

Para avaliar uma hipótese de similaridade ou diferença de nicho entre as três espécies dentro desta área endêmica, utilizamos um teste de similaridade de fundo implementado em ENMTools v.1.4.4. O teste gera uma medida de similaridade ao

sobrepor as previsões das duas espécies em comparação. Os valores de sobreposição de nicho foram calculados usando a métrica D de Schoener, com valores variando de 0 (sem sobreposição) a 1 (sobreposição completa). O teste de similaridade de fundo usa as previsões originais para cada espécie e compara cada uma delas com sobreposições geradas a partir de modelos baseados em ocorrências aleatórias selecionadas de toda a área acessível para cada espécie. A semelhança observada foi comparada com a distribuição de semelhanças entre as espécies focais e o conjunto de modelos nulos.

4.8 Análise de Dados

A primeira validação dos modelos de nicho ecológico, foi pelo gráfico receptor-operador (ROC-plot), no qual as taxas de verdadeiros positivos contra os falsos positivos foram demonstradas. A área sob a curva (AUC) é tomada como uma medida de acurácia do modelo e que irá caracterizar o seu desempenho (DUTRA; CARVALHO, 2008; FIELDING; BELL, 1997; PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006; PHILLIPS, 2017).

Foi realizada uma análise estatística dos dados obtidos neste trabalho, averiguando a variação da ocorrência dos focos de *Biomphalaria* spp no estado do Espírito Santo e da prevalência dos casos autóctones de esquistossomose de 2000 a 2016. Esta análise foi realizada utilizando o teste de qui quadrado, comparando proporções de áreas ocupadas por cada variável na área de estudo e a associação existente entre elas, foi adotado $p=0,05$. Os resultados estão apresentados em tabelas baseadas no resultado dado pelo programa estatístico IBM SPSS Statistics versão 22.

4.9 Aspectos éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP/CCS/UFES) e seguiu as considerações feitas pelo mesmo, de acordo com a Resolução do CNS 466 de 2012 (Anexo A).

5 RESULTADOS

5.1 Análise descritiva

Durante o período correspondente aos anos de 2000 a 2016 foram coletados 23.738 planorbídeos do gênero *Biomphalaria* pelo NEMES, com destaque para as três principais espécies transmissoras da esquistossomose (Tabela 2).

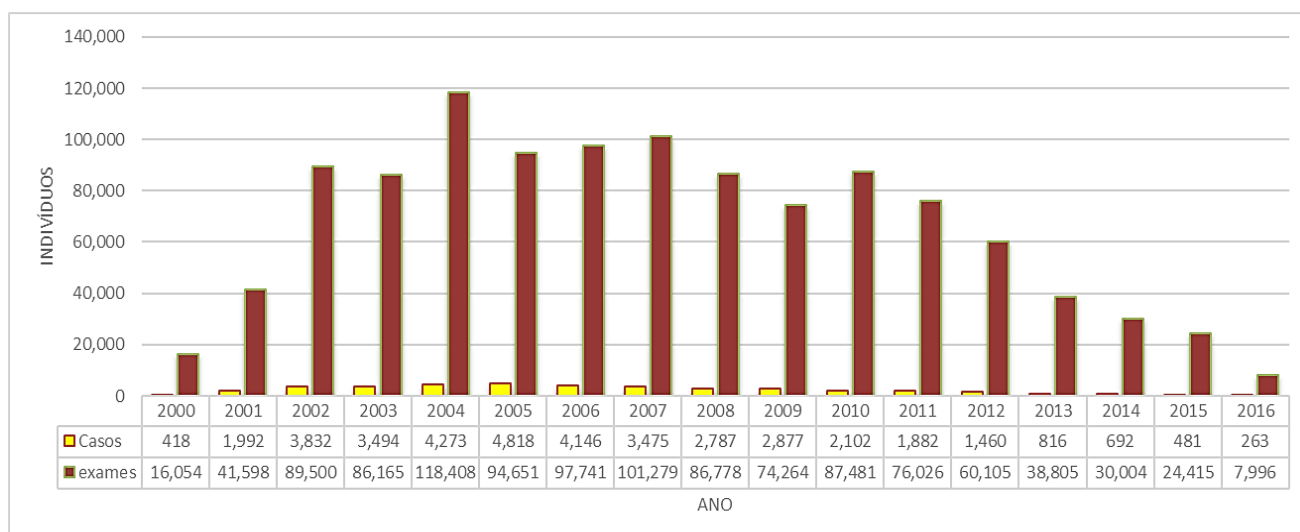
Tabela 2- Número de planorbídeos do gênero *Biomphalaria*, coletados no estado do Espírito Santo, Brasil, 2000 a 2016.

ESPÉCIES	NÚMERO
<i>BIOMPHALARIA GLABRATA</i>	8.306
<i>BIOMPHALARIA TENAGOPHILA</i>	11.840
<i>BIOMPHALARIA STRAMINEA</i>	3.592
TOTAL	23.738

Na tabela 2, é possível observar que *B. tenagophila* é a espécie predominante no Espírito Santo, seguida por *B. glabrata* e *B. straminea*.

No gráfico 1 constam o número de exames realizados e o número de casos de esquistossomose registrados no estado do ES no período de 2000 a 2016. Durante esses 15 anos foram 1.141.270 exames parasitológicos e 39.808 casos de esquistossomose registrados.

Gráfico 1 - Número de indivíduos positivos para esquistossomose e exames realizados de 2000 a 2016, no estado do Espírito Santo



Os casos autóctones de esquistossomose ocorreram em 56 municípios no estado do Espírito Santo de 2000 até 2016. Os casos positivos notificados estão demonstrados por pontos de ocorrência na figura 4.

Muitos casos foram diagnosticados fora da área de zona endêmica localizada próximo à divisa com Minas Gerais. Como a região metropolitana atrai um grande fluxo de pessoas advindas de outros municípios até mesmo por ser o centro de referência em saúde pública no estado do Espírito Santo, houve uma sobreposição de pontos como pode ser visto na Figura 4, passando uma falsa imagem de que a região é propensa a doença, mas que na verdade trata-se apenas de um local que abrigou pessoas em tratamento oriundas de outras regiões.

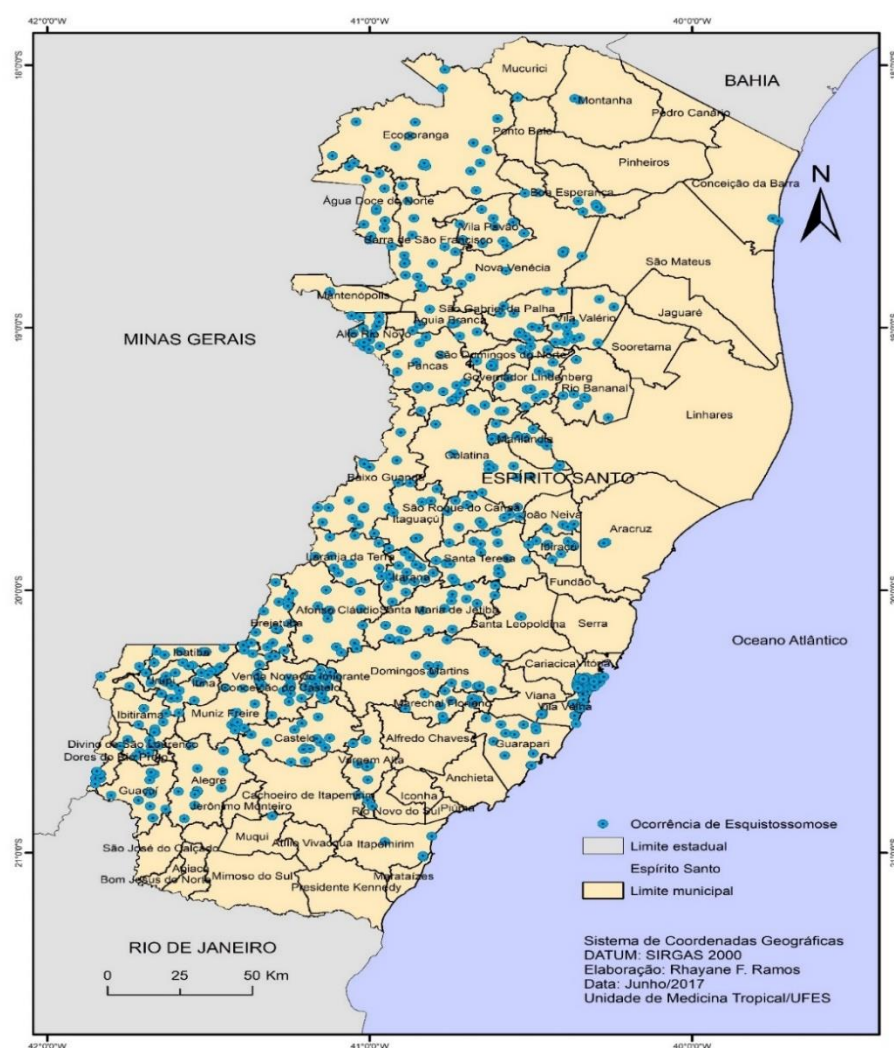


Figura 3- Localidades que registraram casos positivos para esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.

Na figura 5, o mapa demonstra de maneira visual, como se dá a relação dos casos autóctones da esquistossomose com os dados de coleta das três principais espécies de planorbídeo. *Biomphalaria glabrata* é a espécie mais representativa nos locais onde foram relatados os casos de esquistossomose no estado.

Apesar de *B. tenagophila* ter sido a espécie com maior número de identificações durante as coletas realizadas no estado, é visível que esta foi a que menos esteve presente no mapa nos locais de notificação da doença.

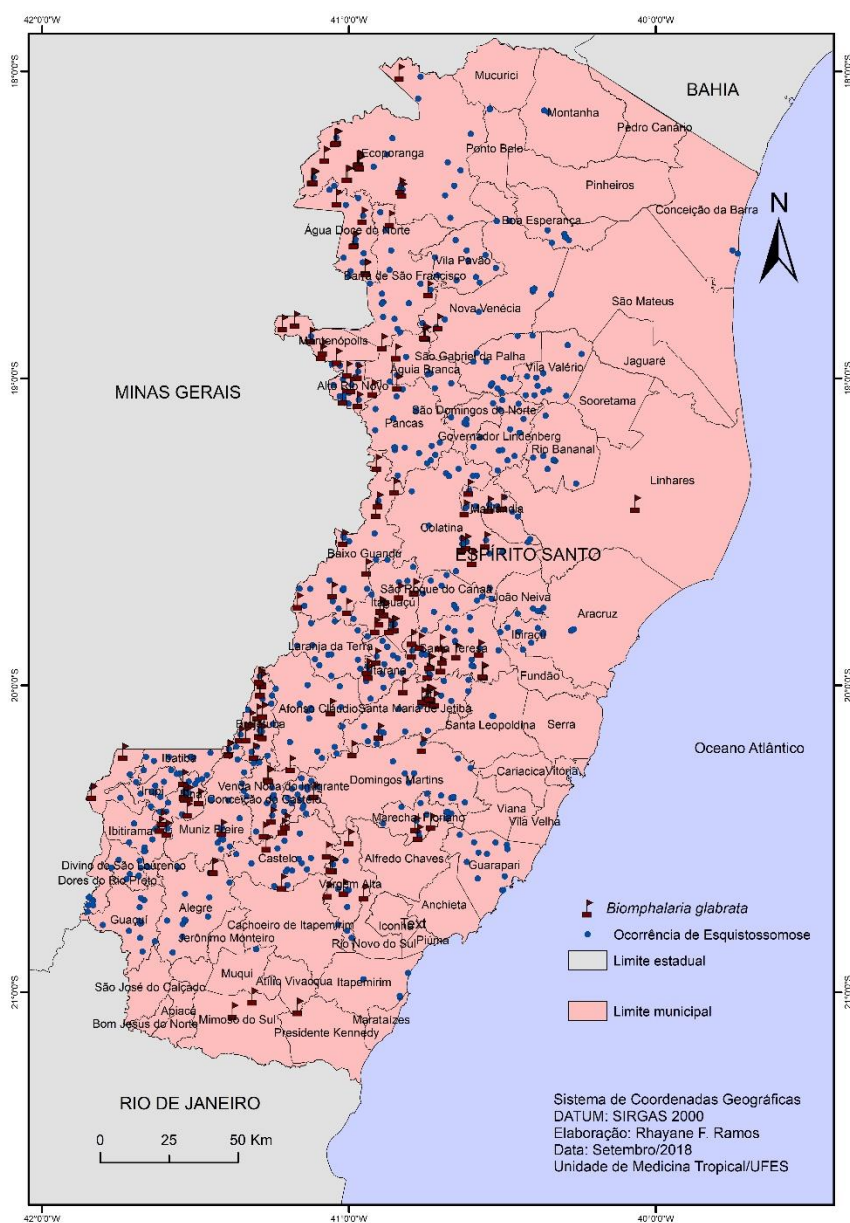


Figura 4- Relação de pontos de registro de casos autóctones de esquistossomose mansônica e pontos da espécie *Biomphalaria glabrata* no estado do Espírito Santo, Brasil.

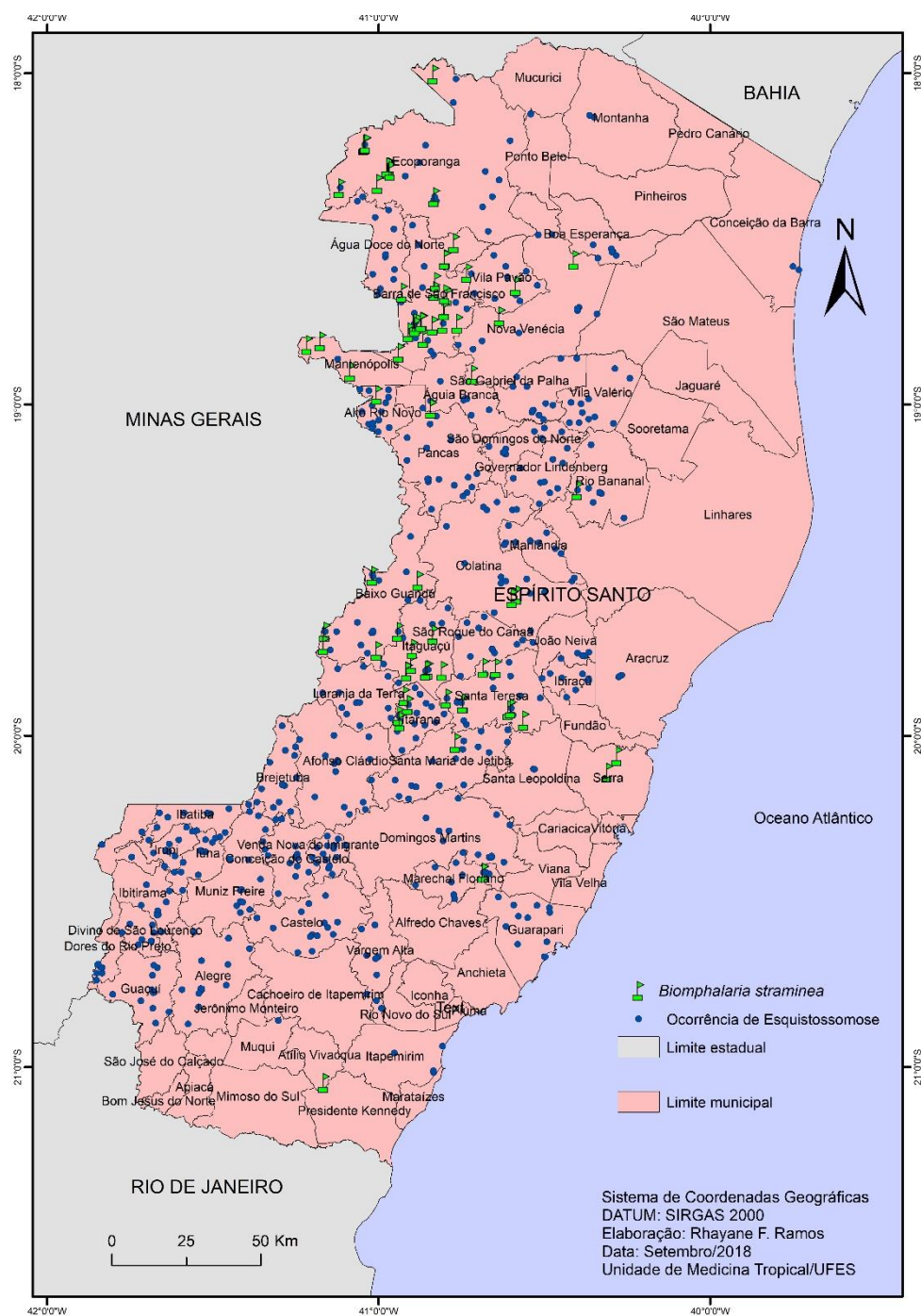


Figura 5- Relação de pontos de registro de casos autóctones de esquistossomose mansônica e pontos da espécie *Biomphalaria straminea* no estado do Espírito Santo, Brasil.

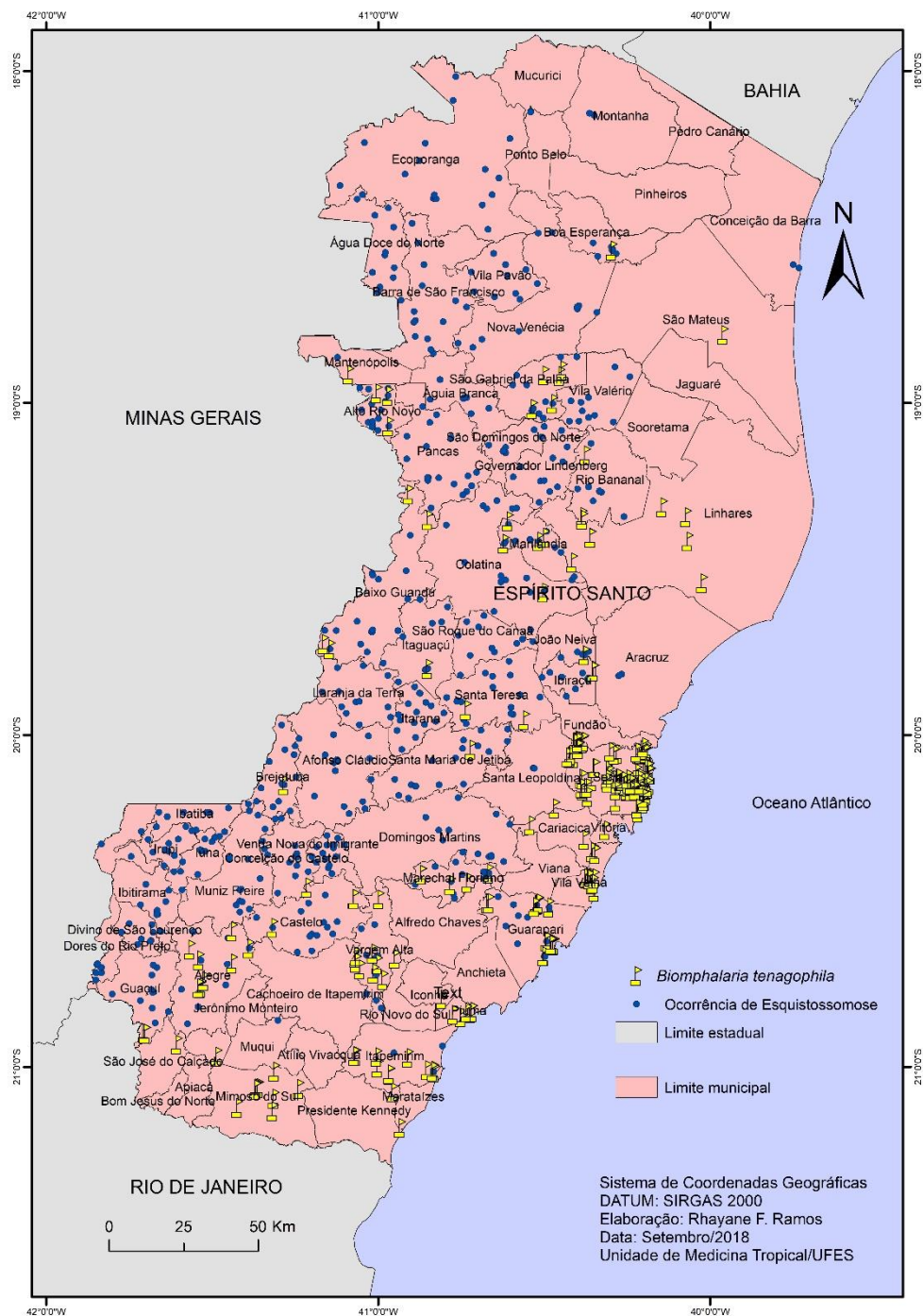


Figura 6- Relação de pontos de registro de casos autóctones de esquistossomose mansônica e pontos da espécie *Biomphalaria tenagophila* no estado do Espírito Santo, Brasil.

5.2 Modelagem espacial dos nichos ecológicos das principais espécies de *Biomphalaria*

Foram selecionadas as principais espécies do gênero *Biomphalaria* para a predição dos modelos de nicho ecológico das espécies transmissoras da esquistossomose, no estado do Espírito Santo que estão representadas nas Figuras 6, 7 e 8.

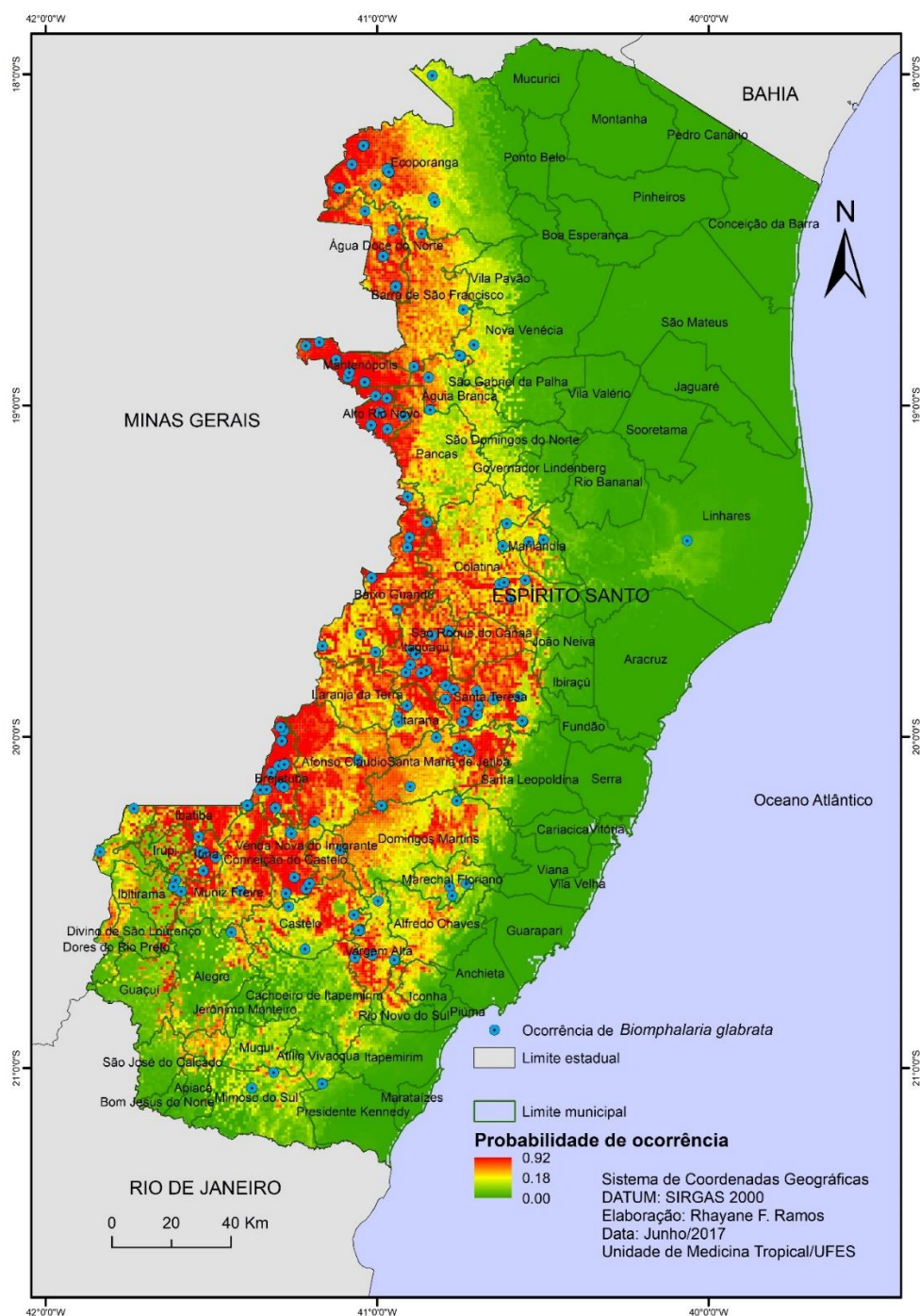


Figura 7- Distribuição preditiva do nicho ecológico de *Biomphalaria glabrata*, determinada pelo programa Maxent, no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.

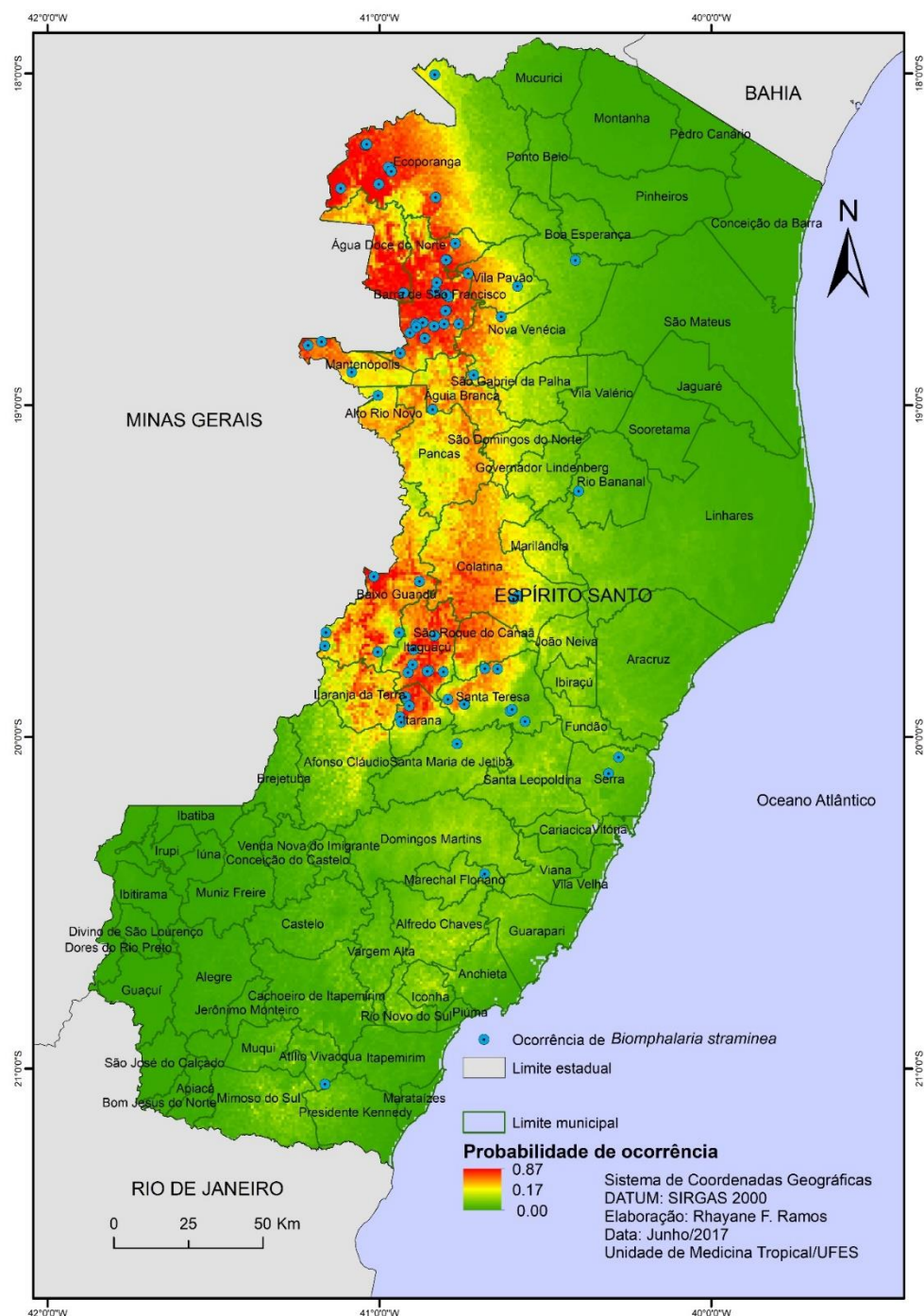


Figura 8- Distribuição preditiva do nicho ecológico de *Biomphalaria straminea*, determinada pelo Maxent, no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.

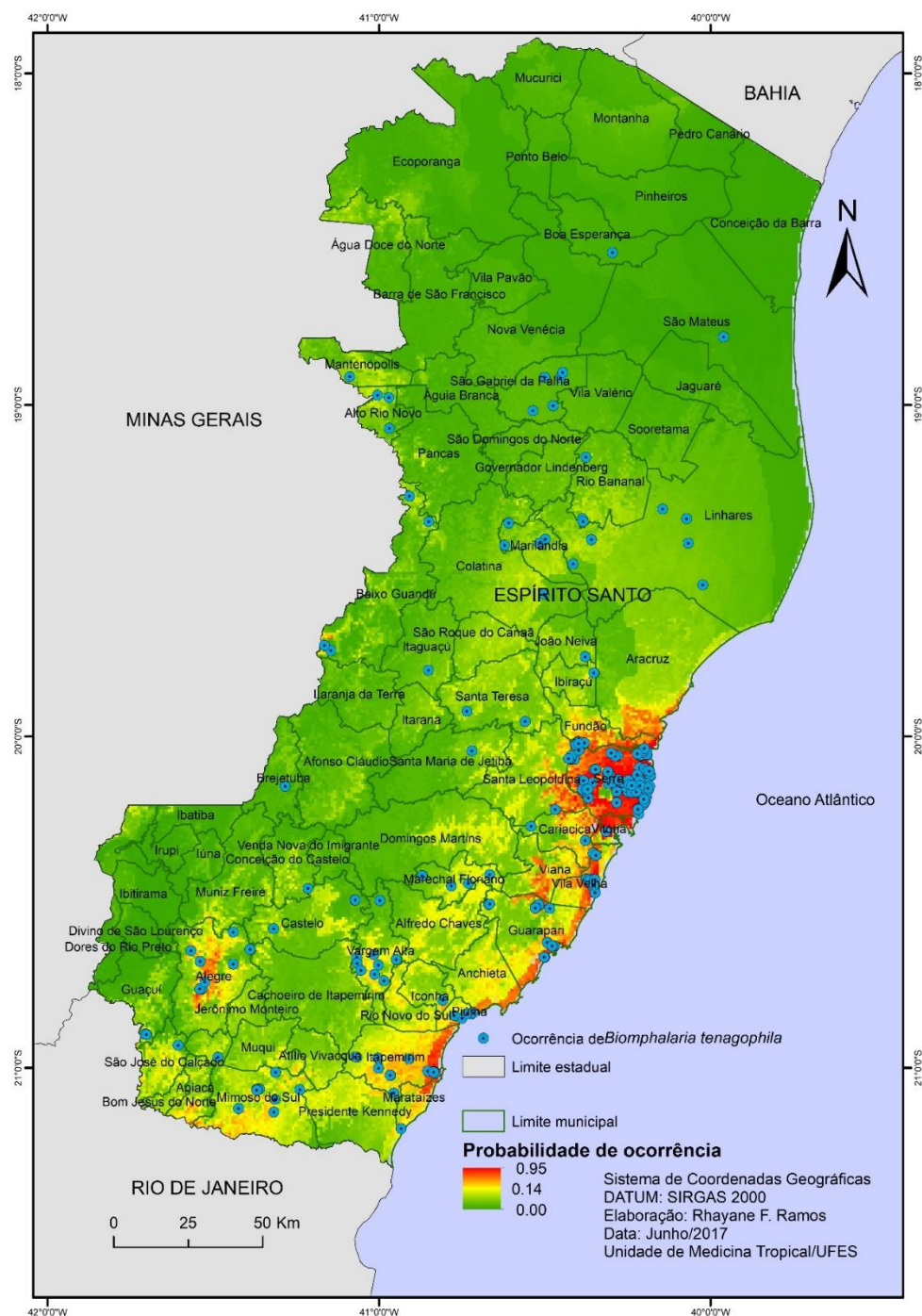


Figura 9- Distribuição preditiva do nicho ecológico de *Biomphalaria tenagophila*, determinada pelo programa Maxent, no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.

As áreas sob a curva ROC (AUC) foram superiores a 0.8 em todos os modelos gerados, indicando que estes foram modelos excelentes para *B. glabrata*, *B. tenagophila* e *B. straminea* (Tabela 3).

Tabela 3- Número de registros de presença das espécies de planorbídeos do gênero *Biomphalaria* que foram avaliados pelo programa maxent nos municípios do estado do Espírito Santo, Brasil, 2000 a 2016.

VARIÁVEL	NÚMERO DE REGISTROS DE PRESENÇA	AUC (MÉDIA ± DESVIO PADRÃO)
<i>Biomphalaria glabrata</i>	126	0.837 ± 0.034
<i>Biomphalaria tenagophila</i>	162	0.851 ± 0.044
<i>Biomphalaria straminea</i>	62.1	0.848 ± 0.065

De acordo com a avaliação da contribuição percentual das variáveis ambientais e meteorológicas, todas as espécies apresentaram alta sensibilidade a variações na temperatura, precipitação, altitude e tipo de solo. No entanto, as espécies *B. glabrata* e *B. tenagophila*, tiveram como destaque as variáveis meteorológicas relacionadas a temperatura, respectivamente, Bio 7 (53%) e Bio 6 (31,5%) e em relação a *B. straminea*, a variável que mais se destacou foi a Bio15 (28,1%), que está relacionada com a precipitação.

Outras variáveis tiveram uma importante participação no modelo de nicho gerado (Tabela 4). Para a espécie *B. glabrata* as 5 variáveis que mais contribuíram foram: Bio 7 (53%), Bio 4 (9,3%), Bio 16 (7,7%), Altitude (4,5%) e Bio 1 (3,5%). Cerca de 65,8% do percentual de contribuição das variáveis, estão relacionadas a temperatura.

Para a espécie *B. straminea*, as 5 variáveis mais importantes foram: Bio 15 (28,1%), Bio 4 (21,3%), Solo (21,1%), Bio 19 (8,2%) e Bio 17 (4,8). No caso da *B. straminea*, a variável Bio 4, que está relacionada com a temperatura e a variável solo, apresentaram um percentual de contribuição muito próximos.

No caso da *B. tenagophila*, as 5 variáveis que mais contribuíram foi: Bio 6 (31,5%), Bio 18 (23,8%), Bio 4 (12,2%), Solo (6,2%) e Bio 14 (3,2%). A maior contribuição percentual para o modelo de nicho de *B. tenagophila*, foi obtida pelas variáveis de temperatura, que somadas totalizaram 43,7%. Assim como no modelo de *B. straminea*, a variável solo se mostrou presente, mesmo que em percentual menor.

Tabela 4- Contribuição percentual média (%) das variáveis ambientais e meteorológicas utilizadas nos modelos preditivos de nicho ecológico das principais espécies de *Biomphalaria* no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS E METEOROLÓGICAS	ESPÉCIES		
	<i>B. glabrata</i>	<i>B. straminea</i>	<i>B. tenagophila</i>
BIO 1	3.5	0.2	3.1
BIO 2	1.7	0.1	2
BIO 3	1.6	0.9	1.5
BIO 4	9.3	21.3	12.2
BIO 5	1	0.6	0.5
BIO 6	0.6	0.6	31.5
BIO 7	53	2.4	0.7
BIO 8	1	0.5	0.8
BIO 9	1.5	0.1	0.1
BIO 10	0.1	0.1	2.1
BIO 11	0	0.2	0.6
BIO 12	0.6	3.5	3.1
BIO 13	2.1	1.7	2.9
BIO 14	0.4	2.2	3.2
BIO 15	1.4	28.1	0.3
BIO 16	7.7	0	1.4
BIO 17	0.3	4.8	2.1
BIO 18	3.4	0.2	23.8
BIO 19	2.3	8.2	1
ALTITUDE	4.5	3.2	0;8
DECLIVIDADE	0.6	0	0.1
SOLOS	3.5	21.1	6.2

Nas figuras 9,10 e 11, as barras em azul escuro representam o ganho individual proporcionado por cada uma das variáveis incluídas. O sentido inverso a barra azul-escura é representada pela barra azul-claro, em que a variável observada é excluída e é feito então uma análise sem ela para determinar o quanto o modelo perde com a sua ausência.

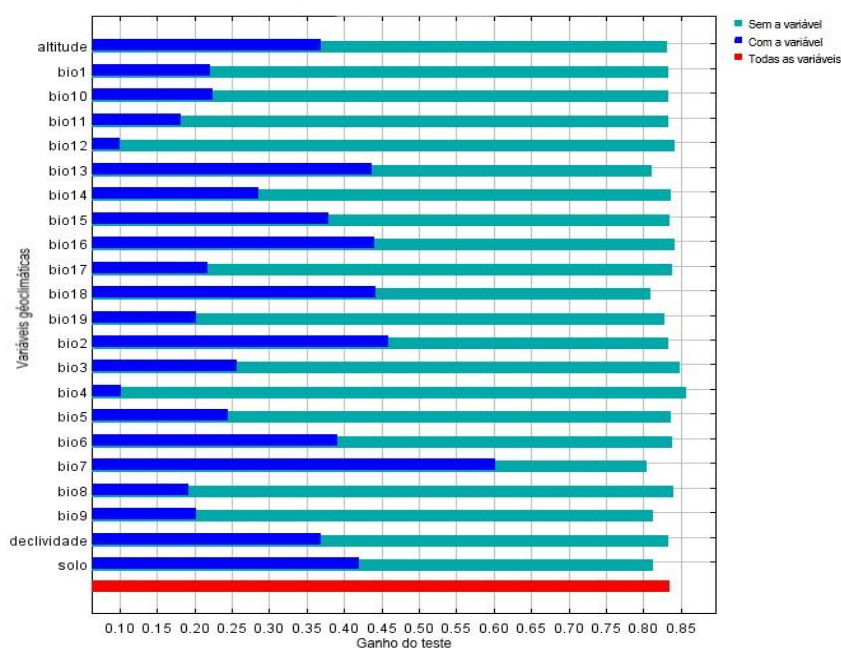


Figura 10- Análise do impacto de cada variável geo-climática sobre o desempenho do modelo gerado para a *Biomphalaria glabrata* (teste Jackknife), avaliando o ganho obtido com a inclusão de alguma variável dentro do conjunto de variáveis e a perda decorrente de sua exclusão.

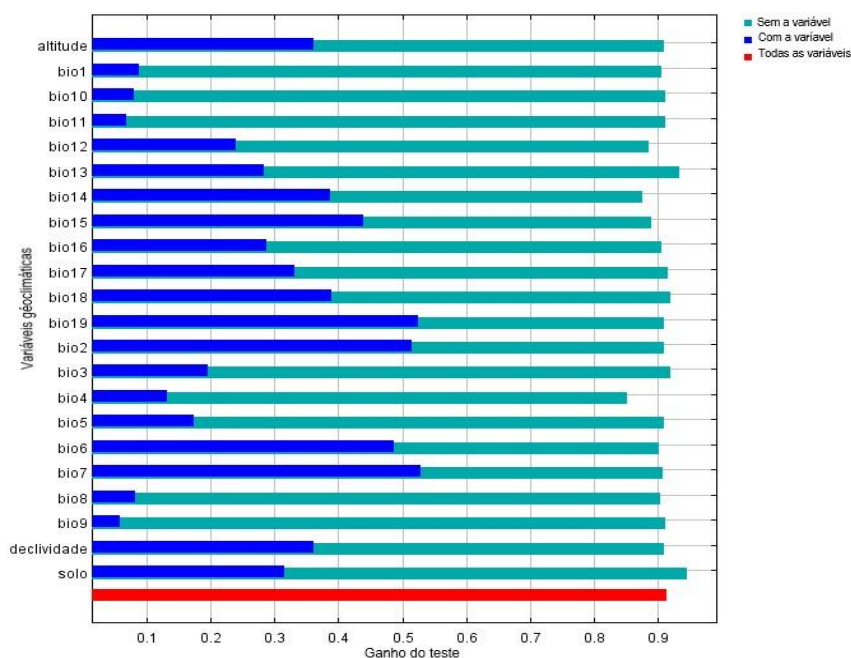


Figura 11- Análise do impacto de cada variável geo-climática sobre o desempenho do modelo gerado para a *Biomphalaria straminea* (teste Jackknife), avaliando o ganho obtido com a inclusão de alguma variável dentro do conjunto de variáveis e a perda decorrente de sua exclusão.

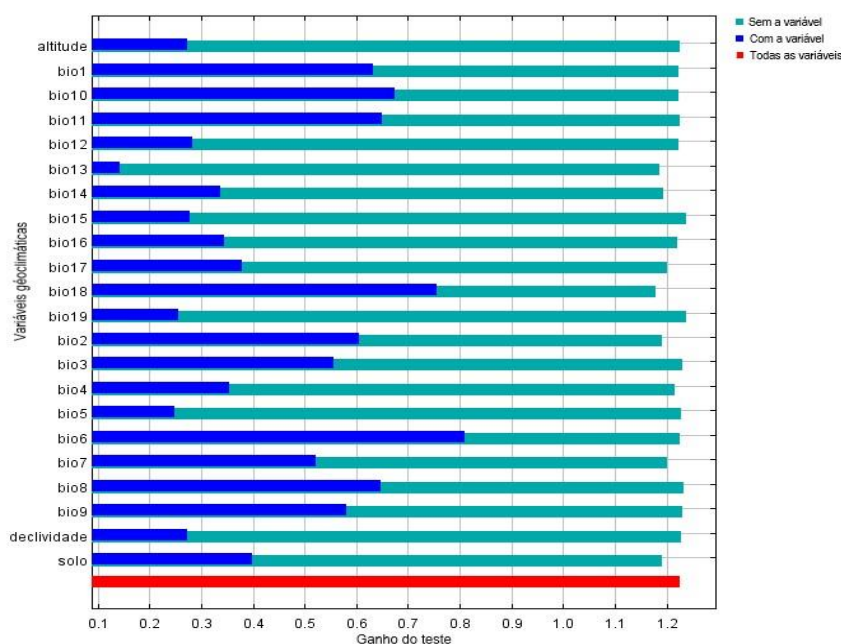


Figura 12- Análise do impacto de cada variável geo-climática sobre o desempenho do modelo gerado para a *Biomphalaria tenagophila* (teste Jackknife), avaliando o ganho obtido com a inclusão de alguma variável dentro do conjunto de variáveis e a perda decorrente de sua exclusão.

Destaca-se importante ganho proporcionado pela variável Bio-7 (Oscilação térmica anual – $oC \cdot 10$) para os modelos preditivos gerados para *B. glabrata* e *B. straminea* (figura 9 e 10). Já para *B. tenagophila*, a que obteve um maior ganho durante a análise foi a Bio-6 (Temperatura mínima do mês mais frio – $oC \cdot 10$) representada na figura 11.

Em relação a perda de desempenho quando determinada variável está ausente, na figura 9 é visível que a variável que teve maior perda foi a Bio-07, mostrando que sua ausência gera um grande impacto no modelo, uma vez que para este modelo a Bio-07 representa o maior ganho no desempenho também. Na figura 10, a Bio-04 (Sazonalidade térmica – desvio-padrão*100) representa a maior perda e na figura 11, foi a Bio-18 (Precipitação da estação mais quente -mm).

5.3 Modelagem espacial dos nichos de área de ocorrência de esquistossomose mansônica

A distribuição preditiva da área de ocorrência de casos autóctones de esquistossomose no estado do Espírito Santo está representada na figura 12.

O modelo de nicho ecológico da área de ocorrência, diferente dos modelos gerados para as espécies transmissoras, foi considerado um modelo aceitável, apresentando AUC de 0.745 ± 0.027 . Em relação à análise de contribuição percentual das variáveis, as mais relevantes foram BIO 2 (27,7%), BIO 18 (18,3%), BIO 16 (10,2%), Altitude (6%) e BIO 13 (4,9%) (Tabela 5).

Já no modelo de nicho ecológico de área de ocorrência, onde foram excluídos os municípios da Grande Vitória, afim de evitar vieses de informação no trabalho, foi considerado um modelo aceitável, com um AUC de 0.734 ± 0.027 . Em relação a contribuição, as variáveis que mais contribuiriam no modelo gerado foram BIO 18 (19,5%), Altitude (17,1%), BIO 16 (14,9%), BIO 15 (7,3%) e BIO 17 (6,6%)

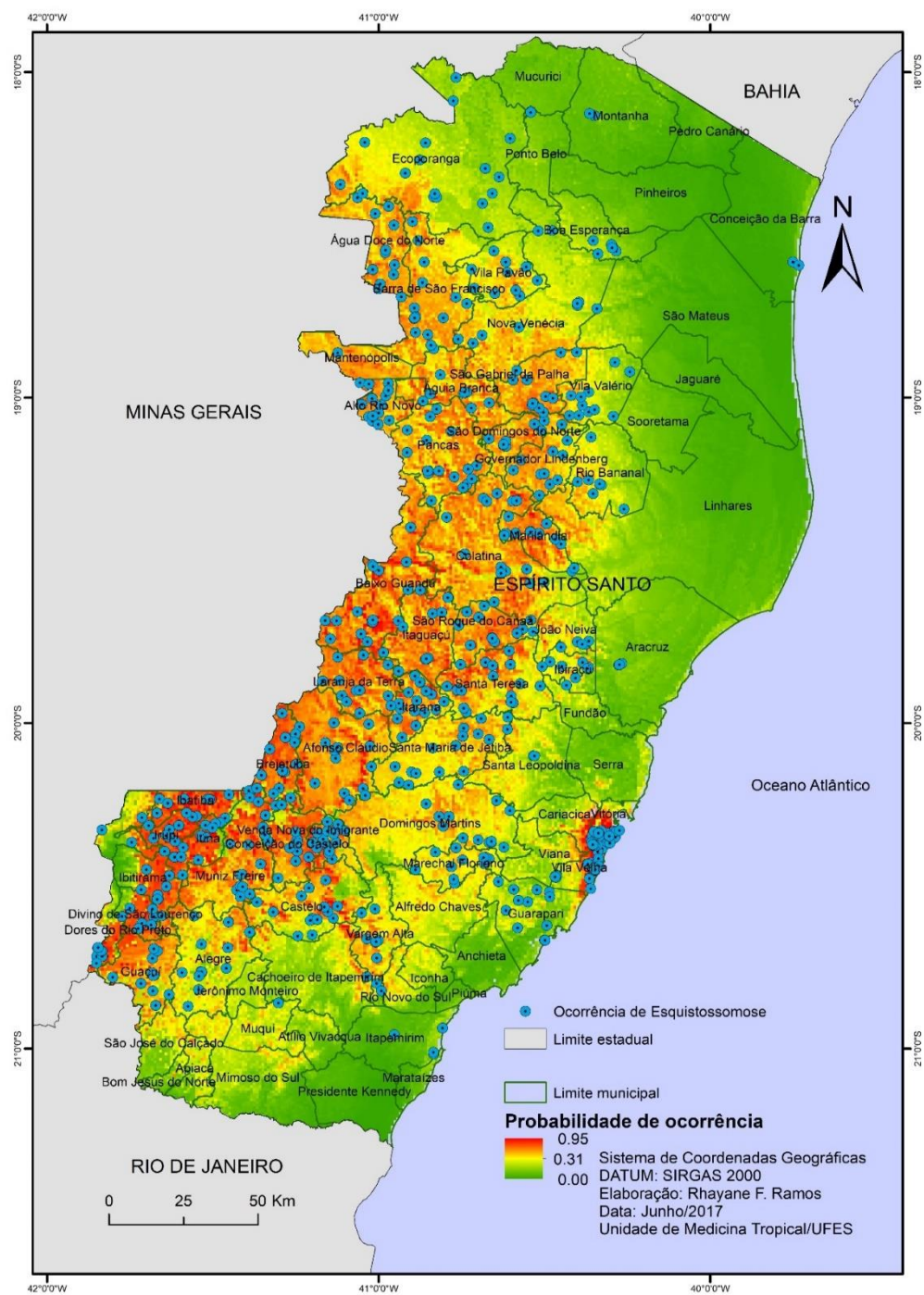


Figura 13- Distribuição preditiva do nicho ecológico, gerada pelo Maxent, da área de ocorrência dos casos autóctones de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.

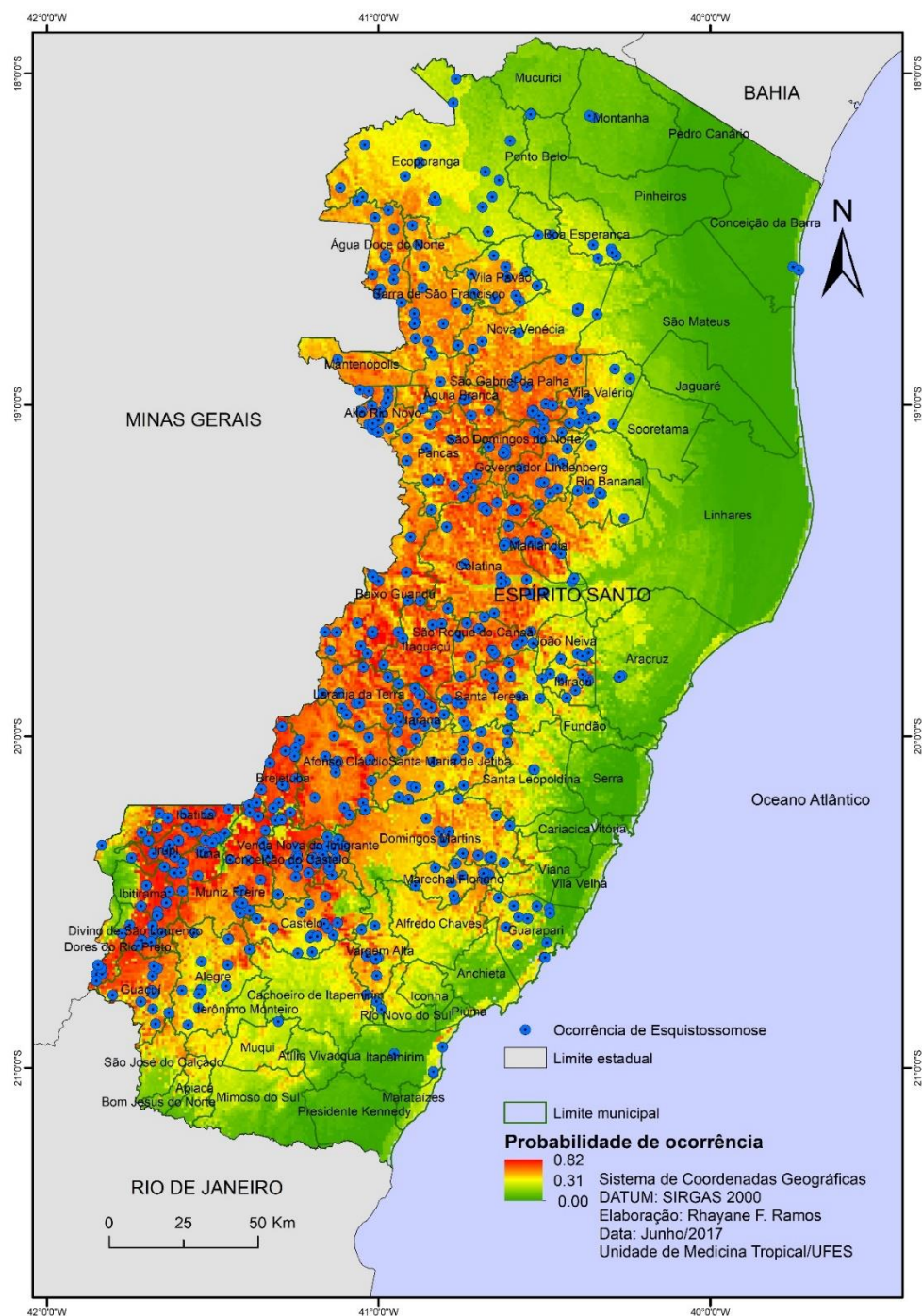


Figura 14- Distribuição preditiva do nicho ecológico, gerada pelo Maxent, da área de ocorrência dos casos autóctones de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo sem os municípios da Grande Vitória, Brasil, de 2000 a 2016.

Tabela 5- Contribuição percentual média (%) das variáveis ambientais e meteorológicas utilizadas nos modelos preditivos de nicho de área de ocorrência de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo, Brasil, de 2000 a 2016.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS E METEREOLÓGICAS	DOENÇA Esquistossomose mansônica
BIO 1	1.5
BIO 2	27.7
BIO 3	2.3
BIO 4	3.2
BIO 5	4.5
BIO 6	0.7
BIO 7	0.7
BIO 8	0.8
BIO 9	0.3
BIO 10	0.1
BIO 11	2.4
BIO 12	2.6
BIO 13	4.9
BIO 14	1.1
BIO 15	3.4
BIO 16	10.2
BIO 17	3.9
BIO 18	18.3
BIO 19	1.3
ALTITUDE	6
DECLIVIDADE	0.5
SOLOS	3.7

Assim como observado nos modelos de nicho ecológico das espécies de planorbídeos transmissoras de esquistossomose, algumas variáveis não tiveram nenhuma contribuição nos modelos e outras tiveram contribuições mínimas. A variável declividade, quase não teve contribuição nos modelos de nicho de espécie e no modelo de nicho de área, mostrando similaridade nos modelos quanto a essa variável.

Tabela 6- Contribuição percentual média (%) das variáveis ambientais e meteorológicas utilizadas nos modelos preditivos de nicho de área de ocorrência de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo sem os municípios da Grande Vitória, Brasil, de 2000 a 2016.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS E METEREOLÓGICAS	DOENÇA Esquistossomose mansônica
BIO 1	0.9
BIO 2	4.5
BIO 3	0.8
BIO 4	4.1
BIO 5	4.1
BIO 6	1.6
BIO 7	5.8
BIO 8	0.5
BIO 9	1
BIO 10	0.2
BIO 11	1.7
BIO 12	1.9
BIO 13	0.8
BIO 14	0.6
BIO 15	7.3
BIO 16	14.9
BIO 17	6.6
BIO 18	19.5
BIO 19	1.1
ALTITUDE	17.1
DECLIVIDADE	0.5
SOLOS	4.6

Mesmo sendo modelos diferentes, algumas variáveis como a BIO 18, BIO 16 e Altitude, mantiveram um percentual alto em ambos modelos, mostrando que a altitude e a precipitação, são os que mais contribuem para o surgimento da doença.

5.4 Sobreposição dos modelos de nichos ecológicos das espécies de *Biomphalaria* e dos casos de esquistossomose

No estado do Espírito Santo, *B. glabrata* apresentou maior associação com a transmissão da esquistossomose, seguida pelas espécies *B. straminea* e *B. tenagophila*.

Tabela 7- Associação estatística entre esquistossomose mansônica e as três principais espécies transmissoras da doença.

ESPÉCIE	MÉDIA SCHOENER'S D
<i>B. glabrata</i>	0.695
<i>B. straminea</i>	0.661
<i>B. tenagophila</i>	0.560

5.5 Análise estatística

Durante o período de 2000 a 2016, foram notificados 39.808 casos de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo. Durante este período as regiões que mais tiveram casos notificados foram a região metropolitana com 18.107 casos, seguido de região central com 8.162 casos e região norte com 7.373 casos positivos. A região sul foi a que teve menos casos notificados durante este período, tendo um total de 5.747 notificações.

O teste do qui-quadrado apresentou significância ($p < 0,05$) na ocorrência da doença entre os períodos citados e as regiões citadas. Sendo então significativo o valor de p . Portanto, durante este período os casos ocorreram em maior frequência na região metropolitana do ES, ao passo que, na região central, mesmo tendo uma quantidade menor de casos notificados, foi a segunda maior região com indivíduos positivos para esquistossomose.

Tabela 8- Resultado do teste qui-quadrado comparando a ocorrência de esquistossomose entre as regiões metropolitana e central do estado do Espírito Santo, considerando o ano de 2007 como ponto de corte.

PERÍODO DE TEMPO	METROPOLITANA	CENTRAL
De 2000 a 2007	11,661	5.801
DE 2007 A 2016	6.446	2.361
Total	18.107	8.162
Teste qui-quadrado	Valor do teste	P
	272	0,02

6 DISCUSSÃO

6.1 Modelagem espacial da ocorrência de espécies de *Biomphalaria* e de casos de esquistossomose mansônica no estado do Espírito Santo

Este é o primeiro trabalho a construir e associar modelos espaciais, utilizando algoritmos, entre as espécies transmissoras e casos autóctones de esquistossomose em áreas endêmicas do ES, região Sudeste do Brasil. Neste trabalho nosso interesse foi responder se as variáveis geográficas e climáticas utilizadas, nomeadamente Bio-1 até Bio-19, altitude, declividade e solo estão associadas com a distribuição de casos de esquistossomose mansônica no estado

Vários fatores têm sido relacionados à ocorrência da infecção esquistossomótica no mundo, entre eles o tempo de exposição e o contato humano com águas contaminadas. Este último é o fator mais complexo, com maior variabilidade, de difícil avaliação e que apresenta a explicação para as diferenças de padrão epidemiológico entre grupos populacionais infectados (KLOETZEL, 1990).

Os resultados obtidos mostram claramente a associação das variáveis com a dados de ocorrência das espécies e casos notificados. Isto fica nítido ao observarmos o excelente desempenho do teste utilizado em sua maioria. Neste estudo, os modelos criados apresentaram valores excelentes, como pode ser observado na tabela 3, confirmado com o grupo teste, que apresenta valor de área sob a curva (AUC) ROC acima de 0,837 (desvio-padrão 0,034) para as três espécies analisadas, sendo estes entendidos como a medida do poder do teste (DALAPICOLLA, 2015; PHILLIPS, 2008; PHILLIPS; DUDÍK; SCHAPIRE, 2017). Segundo a interpretação de Hosmer e Lemeshow, o modelo gerado apresentou-se de maneira excelente (HOSMER; LEMESHOW, 2000). Apenas quando avaliado o modelo de casos autóctones, este apresentou um (AUC) ROC 0.734 (desvio-padrão 0.027) que segundo a interpretação de Hosmer e Lemeshow, é um modelo aceitável.

Neste estudo, *B. glabrata* foi incriminada como sendo a espécie mais associada à ocorrência de esquistossomose no estado do ES, seguida por *B. straminea* e *B. tenagophila*. Esta espécie é altamente susceptível ao *S. mansoni*. Experimentos de

susceptibilidade utilizando vinte populações de *B. glabrata* originárias de diversas regiões do Brasil e três populações oriundas de Porto Rico, Ilhas Saint Kitts e Venezuela revelaram índices de infecção variando de 0% a 100%, das quais 17 delas (74%) apresentaram taxas de infecção superiores a 50% (PARAENSE; CORRÊA, 1963).

B. straminea é menos susceptível que *B. glabrata* quando se refere a taxa de infecção humana. Entretanto, esta espécie possui a distribuição mais abrangente, entre as três espécies. Estudos realizados durante os anos de 1954 e 1955 com *B. straminea* oriundas de 17 municípios do estado de Pernambuco (BARBOSA; COELHO, 1956) revelaram taxas de infecção inferiores a 1%. Contudo, quando são analisados os dados de prevalência obtidos em 1950 (PARAENSE; CORRÊA, 1963), depara-se com taxas de infecção humana, em 14 dos 17 municípios, superiores a 50%. Estes dados demonstram que apesar de serem encontradas naturalmente com baixas taxas de infecção, *B. straminea* é capaz de manter elevadas taxas de infecção humana. Nos mapas de previsão obtidos de *B. straminea*, é notório que a mesma possui uma distribuição parecida com *B. glabrata*. No que tange a zona endêmica a mesma está concentrada na região norte e central, próximo à divisa de Minas Gerais diferentemente do que foi constatado no mapa de *B. glabrata*, onde a abrangência de casos engloba todas as regiões do estado.

Biomphalaria tenagophila tem importância epidemiológica na transmissão de *S. mansoni* nos estados da região Sul e Sudeste e é responsável pela maioria dos casos autóctones de esquistossomose no estado de São Paulo e pelos focos da doença no estado de Santa Catarina e na cidade de Itajubá, no sul de Minas Gerais. (CARVALHO et al., 1985). Entretanto, é visível que *B. tenagophila* está menos relacionada com a transmissão da esquistossomose mansônica no Espírito Santo. Uma vez que a maior concentração de casos notificados está localizada nas regiões divisas com Minas Gerais, onde as espécies que estão mais fortemente presentes são *B. glabrata* e *B. straminea*. Apesar de sua dominância em algumas áreas no estado, *B. tenagophila* é encontrada na natureza com baixas taxas de infecção, colonizando coleções hídricas permanentes, uma vez que esses moluscos seriam incapazes de resistir à dessecação ou extrema seca do ambiente (PARAENSE, 1972).

Quanto a contribuição parcial das variáveis, na espécie *B. glabrata*, a variável que mais contribuiu no modelo foi a Bio 7 (oscilação térmica anual °C*10) apresentando um percentual de 53%, seguido da Bio 4 (Sazonalidade térmica – desvio-padrão*100) com 9,3%. Assim como visto na figura 10, a Bio 7 apresenta o maior ganho de desempenho no modelo gerado para esta espécie, demonstrando a importância que a temperatura tem para o desenvolvimento desta espécie assim como também, ao ser avaliado a sua retirada, ela apresentou perda relativamente grande comparadas as outras variáveis, mostrando a sua real importância para o modelo preditivo da espécie.

Para *B. straminea*, as variáveis que apresentaram maior contribuição no modelo gerado foi a Bio 15 (Sazonalidade de precipitação – coeficiente de variação) com um percentual de 28,1%, Bio 4 (Sazonalidade térmica – desvio-padrão*100) com 21,3% e solo (21,1%). Diferentemente do que foi visto na figura 10, a Bio 15 não foi a variável ambiental que apresentou maior ganho no modelo quando avaliada sozinha, neste modelo assim como o modelo gerado para a *B. glabrata*, a variável Bio 7 foi a que obteve o maior ganho. Já a variável que apresentou uma significativa perda quando esta está ausente no processamento de dados, foi a Bio 04. Estes dados deixam claro que o clima é um fator importantíssimo para reprodução e sobrevivência da espécie. Por serem animais pecilotérmicos, diversos fatores limitantes geológicos (ou edáficos) e climáticos exercem uma razoável influência nas densidades populacionais. Embora não existam estudos conclusivos sobre o assunto, as variações estacionais associadas ao clima promovem apreciáveis flutuações da densidade das populações (CARVALHO et al., 2008).

Biomphalaria straminea constitui um excelente exemplo da boa capacidade adaptativa desses planorbídeos a climas e temperaturas diversificados. É uma espécie que ocorre desde ambientes hídricos de áreas tórridas do nordeste brasileiro a regiões de clima temperado, com muita frequência e abundância em criadouros perenes ou temporários, naturais ou artificiais (CARVALHO et al., 2008).

No caso da *B. tenagophila*, as variáveis que apresentaram maior contribuição na análise do modelo foram a Bio 6 (Temperatura mínima do mês mais frio – °C*10) e a

Bio 18 (Precipitação da estação mais quente – mm), ultrapassando a 20% dentre o total de 100% de contribuição das variáveis. De acordo com o que foi visto nas outras espécies, as variáveis climáticas estão nitidamente presentes em maiores porcentagens. Assim como observado no modelo de *B. glabrata*, a variável que apresentou maior contribuição no modelo foi a mesma que ao ser avaliada individualmente, a Bio 6, apresentou o maior ganho individual, porém ao avaliar as variáveis individualmente ausentes, a Bio 18 que é a segunda maior contribuição no modelo, apresentou a maior perda. Para a sobrevivência e realização de atividades vitais desta e das outras espécies (*B. glabrata* e *B. straminea*) é necessário que a temperatura esteja entre 12°C a 36°C, porém experimentalmente foi observado que a temperatura ideal vai de 22°C a 26°C (PINOTTI et al., 1960; ROSAS, 1987; BAPTISTA; VASCONCELLOS; SCHALL, 1989; BAPTISTA; JURBERG, 1993; KLOSS et al., 2001; TELES et al., 2002).

A sobrevivência desses planorbídeos frente a essas variações climáticas e a escassez de alimentos é explicada pelo fenômeno de diapausa, que é quando certo número de indivíduos interrompe o seu desenvolvimento ou sua a quiescência (estivação ou hibernação). Na escassez de água é comum que uma parte da população dos caramujos permaneça enterrada em fendas e pequenos buracos, até que os níveis das águas voltem ao normal. Com isso os caramujos retomam suas atividades de reprodução normalmente. Na natureza, é bem conhecida a resistência à seca temporária de *B. glabrata*, *B. tenagophila* e *B. straminea* (PARAENSE; FAURAN; COURMES, 1964; PARAENSE, 1970; TELES; MARQUES, 1989).

A precipitação média anual e a temperatura máxima do mês mais quente foram os mais relevantes na predição dos modelos. É importante salientar que os mapas de previsão de condições para as três principais espécies transmissoras de esquistossomose, é um produto da junção de todas as variáveis estudadas. Ou seja, apesar de cada uma ter importância individual, o resultado final apresentado nos mapas 6, 7 e 8 não é a simples soma de cada uma delas, mas sim um produto complexo de múltiplas interações entre as variáveis.

Enfim, pode-se dizer que os mapas de previsão obtidos possuem pelo menos duas conclusões significativas. O primeiro, será o conhecimento epidemiológico gerado ao

analisar os dados de ocorrência da espécie e o segundo, o estudo pode ajudar na identificação dos possíveis locais de ocorrência das espécies e consequentemente da doença.

7. CONCLUSÃO

1. Observou-se neste trabalho, que a concentração de casos de esquistossomose está em áreas próximas a divisa com o estado de Minas Gerais, sendo estas regiões mais elevada e pouco habitadas e onde provavelmente questões como saneamento básico podem ser precárias, como exemplo os municípios de Brejetuba, Alto Rio Novo, Ibatida e Baixo Guandu, que estão localizados próximos a divisa com MG, onde possuem baixa densidade demográfica e elevados índices epidemiológicos de esquistossomose.
2. Foi evidente que a ocorrência das espécies transmissoras do gênero *Biomphalaria*, no estado do ES estão associadas a condicionantes de temperatura, precipitação, solo e altitude. Sendo que a temperatura e precipitação foram os fatores mais marcantes e que apresentaram o maior percentual de contribuição durante o processo de modelagem de nicho ecológico.
3. A análise da contribuição destas variáveis permitiu construir mapas de adequabilidade das condições fundamentais para sobrevivência e reprodução das espécies de *Biomphalaria*, tornando possível a predição das áreas, bem como perceber eventuais modificações no padrão de ocorrência das espécies e possíveis locais de ocorrência da doença.
4. As ferramentas de modelagem e geoprocessamento utilizadas permitiram uma análise confiável da associação entre as variáveis geoclimáticas e a distribuição geográfica dessas espécies de planorbídeos, podendo assim construir um modelo de nicho ecológico confiável para as espécies de *Biomphalaria* no estado do Espírito Santo.
5. A originalidade deste estudo se deu pela apuração de dados de casos autóctones de esquistossomose e dados de ocorrência das espécies de *Biomphalaria*, que pelo processo de geoprocessamento, possibilitou identificar a correlação e os possíveis locais mais suscetíveis ao surgimento doença. Sendo assim, agora é possível se ter um conhecimento maior da doença e seus hospedeiros, objetivando otimizar as políticas de saúde pública, focando em recursos de controle de propagação da doença.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLA M. H. et al. Drug Discovery for Schistosomiasis: Hit and lead compounds identified in a library of known drugs by medium-throughput phenotypic screening. **Plos Neglected Tropical Disease**, v. 3, n. 7, p. 1-14, 2009.

ANDERSON, R.P; LEW, D.; PETERSON, A.T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Elsevier**, Ecological Modelling, v. 162 , p. 211–232, 2003

AMARAL, R.S.; TAUIL, P.L.; LIMA, D. D.; ENGELS, D. An analysis of the impact of the Schistosomiasis Control Programme in Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, 2006.

BALTUSSEN, R. Priority setting of public spending in developing countries: do not try to do everything for everybody. **Health Policy**, United States, v. 78, n. 2, p. 149-146, oct, 2006.

BARBOSA, F.S. **Tópicos em malacologia médica**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 314 p, 1995.

BARBOSA, F. S.; COELHO, M. V. Alguns aspectos epidemiológicos relacionados com a transmissão da esquistossomose em Pernambuco, Brasil. **Publicações Avulsas do Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães**, 5: 31-47, 1956.

BAPTISTA, D. F.; VASCONCELLOS, M. C.; SCHALL, V. T. Study of a population of *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) and schistosomiasis transmission in "Alto Boa Vista", Rio de Janeiro. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 84: 325-332, 1989.

BAPTISTA, D. F.; JURBERG, P. Factors conditioning the habitat and the density of *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) in the isolated schistosomiasis focus in Rio de Janeiro city. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 88: 457-467, 1993.

BAVIA M.E.; et al. Geographic information systems and the environmental risk of Schistosomiasis in Bahia, Brazil. **Am J Trop Med Hyg** 60: 566-572, 1999.

BAVIA, M.E.; et al. Use of thermal and vegetation index data from earth observing satellites to evaluate the risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil. **Acta Trop** 79: 79-85, 2001.

BERTÃO, H.G. et al. Ultrastructural analysis of miltefosine-induced surface membrane damage in adult *Schistosoma mansoni* BH strain worms. **Parasitol Res**, 2012.

BECK, L.R.; LOBITZ, B.M.; WOOD, B.L. Remote Sensing and Human Health: New Sensors and New Opportunities. **Emerg Infect Diseases** 6: 217-227, 2000.

BECKER, J. J. et al. Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30_PLUS. **Marine Geodesy**, v. 32, 355- 371, 2009.

BINA, J.C.; PRATA, A. Esquistossomose na área hiperendêmica de Taquarendi. I – Infecção pelo *Schistosoma mansoni* e formas graves. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 2, p. 211-216, 2003.

BRASIL, M. S. **Vigilância e controle de moluscos de importância epidemiológica**: diretrizes técnicas: Programa de Vigilância e Controle da Esquistossomose (PCE) / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica.– 2. ed. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008.

BRASIL, M.S. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Vigilância Epidemiológica. **Vigilância da Esquistossomose Mansonii: diretrizes técnicas** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças transmissíveis. – 4. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRUUN, B; AAGAARD-HANSEN, J. **The social context of schistosomiasis and its control**: an introduction and annotated bibliography. World Health Organization, Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases, 2008.

CAMARA, G.; et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**, Instituto de Computação, UNICAMP, Campinas, 197 p. 1996.

CARMO, E. H.; BARRETO, M. L. Esquistossomose Mansônica no Estado da Bahia, Brasil: tendências Históricas e Medidas de Controle. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 425-439, out./dez. 1994.

CALDEIRA, R.L.; et al. Preliminary studies investigating the occurrence of *Biomphalaria* *cousini* in Brasil. **Mem Inst Oswaldo Cruz** 105: 485-487,2010

CARVALHO, O.S.; et al. Distribuição espacial de *Biomphalaria glabrata*, *B. straminea* e *B. tenagophila*, hospedeiros intermediários do *Schistosoma mansoni* no Brasil. In: Carvalho OS, Coelho PMZ, Lenzi H, editors. **Schistosoma mansoni & Esquistossomose**: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2008.

CORREA, L.R.; PARAENSE, W.L. Susceptibility of *Biomphalaria amazonica* to infection with two strains of *Schistosoma mansoni*. **Rev Inst Med Trop**. São Paulo 13: 387-390, 1971.

COURA, JR; AMARAL, RS. Epidemiological and control aspects of schistosomiasis in Brazilian endemic areas.**Revista Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**.Rio de Janeiro, Vol. 99(Supl. I): 13-19, 2004.

CLINE, B.L. New eyes for epidemiologists: aerial photography and other remote sensing techniques. **Am J Epidem** 92: 85-89. 1970.

CROSS, E.R.; BAILEY, R.C. Prediction of areas endemic for schistosomiasis through use of discriminant analysis of environmental data. **Mil Med** 149: 28-30, 1984

CROSS, E.R.; et al. Predicting areas endemic for schistosomiasis using weather variables and a Landsat data base. **Mil Med** 149: 542-544, 1984

CVE, Centro de Vigilância Epidemiológica. **Vigilância epidemiológica e controle da Esquistossomose**. Normas e Instruções. São Paulo, 2007

DAVIS, G. M. Snail hosts of Asian *Schistosoma* infecting man: evolution and coevolution. In: BRUCE, J. I. & SORNMANI, S. The Mekong Schistosome. **Malacological Review**, supl. 2: 195-238, 1980.

DAVIS, G. M. Evolution of prosobranch snails transmitting Asian *Schistosoma*; coevolution with *Schistosoma*: a review. **Progress in Clinical Parasitology**, 3: 145-204, 1992.

DANNEMANN, R. D. A.; PIERI, O. S.. Anidrobiose e diapausa em *Biomphalaria Glabrata* (Say), caramujo transmissor da esquistossomose, na Região Nordeste. **Biotemas**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 57-68, jan. 1989

DALAPICOLLA, J. **Tutorial De Modelos De Distribuição De Espécies**: Guia Teórico. n. January, 2015

DIAS, L. C. S. et al. Epidemiologia da esquistossomose mansônica em área de baixa endemicidade. **Cad. Saúde Pública**. Vol.10, 1994,

DUTRA G. C.; CARVALHO, L. M.T. Modelos de distribuição geográfica de *Amaioua guianensis* Aubl. em Minas Gerais, Brasil. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava, PR. v4, edição especial, p.47-55, 2008.

DRUMMOND, S.C.; et al. Morbidity of schistosomiasis mansoni in the state of Minas Gerais, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, 101: 37-44, 2006.

ESRI 2011. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute., 2017.

ELITH, J.; et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v.29, p.129-151, 2006.

ELITH, J. et al. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 1, p. 43–57, 2011.

ESPÍRITO SANTO. Governo do Estado do Espírito Santo. **Geografia**. Disponível em: < <http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/geografia.aspx> >. Acesso 19 out.2015.

FAVRE, T.C. et al. Avaliação das ações de controle da esquistossomose implementadas entre 1977 e 1996 na área endêmica de Pernambuco, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 6, p. 569-576, 2001.

FEITOZA, L.R.; STOCKING, M.; RESENDE, M. **Natural resources information systems for rural development**: approaches for Espírito Santo state, Brazil. Vitória: INCAPER, 2001.

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence / absence models. **Environmental Conservation**, v. 24, n. 1, p. 38–49, 1997.

GRYSEELS, B.; et al. Human schistosomiasis. **Lancet**, 368: 1106-1118, 2006.

HERNANDEZ, P.A.; GRAHAM, C.H.; MASTER, L.L.; ALBERT, D.L. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. **Ecography**, v.29, p.773-785, 2006.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. **Applied Logistic Regression**. Second Edition, Wiley series in probability and mathematical statistics, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1989.

HOTEZ, P. J. *et al.* Incorporating a rapid-impact package for neglected tropical diseases with programs for HIV/AIDS, tuberculosis, and malaria. **PLoS Medicine**, United States, v. 3, n. 5, p. e102, 2006.

HOTEZ, P. J. *et al.* Helminth infections: the great neglected tropical diseases. **The Journal of Clinical Investigation**, United States, v. 118, n. 4, p. 1311-1321, 2008.

HOTEZ, P. J.; FEMWICK, A. Schistosomiasis in Africa: an emerging tragedy in our new global health decade. **Plos Neglected Tropical Diseases**, United States, v. 3, n. 9, p. e485, 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Espírito Santo**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=es#>>. Acesso 18 out. 2015.
IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Geociências**. Disponível em: < http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso 3 mai. 2017

INSTITUTO DE PESQUISA DA MATA ATLÂNTICA (IPEMA). **Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo**: cobertura florestal e unidades de Conservação. Vitória: Conservação Internacional do Brasil & IPEMA, 2005.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Limites e Regionalizações - Divisão Regional do Espírito Santo – Macrorregiões de Planejamento**. Vitória, 2012.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Densidade demográfico do estado do Espírito Santo, 2010**. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/>>. Acesso 20 mai 2018.

JAYNES, E. T. Information Theory and Statistical Mechanics. **The Fisical Review**, v. 106, n. 4, p. 620–630, 1957.

JUBERG P. et al.. Behavior of *Biomphalaria glabrata*, the intermediate host snail of *Schistosoma mansoni*, at different depths in water in laboratory conditions. **Mem Inst Oswaldo Cruz** 82: 179-208, 1987.

KATZ, N.; ALMEIDA, K. Esquistossomose, xistosa, barriga d'água. **Cienc. Cult.** vol.55, n.1, pp. 38-43. ISSN 2317-6660, 2003.

KATZ, N; PEIXOTO, S.V. Análise crítica da estimativa do número de portadores de esquistossomose mansoni no Brasil. **Rev. Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 33(3) p. 303-308, 2000.

KATZ, N. The Discovery of *Schistosomiasis mansoni* in Brazil. **Gaz. Med. Bahia**, v. 78, n. 2, p.123-125, 2008.

KATZ, N.; CARVALHO, O.S. Introdução recente da esquistossomose mansoni no sul do estado de Minas Gerais, Brasil,. **Mem Inst Oswaldo Cruz** 78: 281-284.,1983

KATZ N.; et al, Rate of Action of schistosomicides in mice infected with *Schistosoma mansoni*. **Rev Soc Bras Med Trop** 22: 183-186, 1989.

KALIL, M.; et al. Forma pseudotumoral intra-abdominal da esquistossomose mansônica. **Rev. Col. Bras. Cir.** Rio de Janeiro, v. 33, n. 3, p. 203-204, 2006.

KLOSS, H.; CORREA-OLIVEIRA, R.; QUITES, H. F.; SOUZA, M. C.; GAZZINELLI, A. Socioeconomic studies of schistosomiasis in Brazil: a review. **Acta Tropica**, v. 108, n. (2-3), p. 194-201, 2008.

KLOSS, H. et al. The distribution of *Biomphalaria* spp. in different habitats in relation to physical, biological, water contact and cognitive factors in a rural área in Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 96, supl.: 57-66, 2001.

KLOETZEL, K.; VERGETTI, A.M.A. Repeated mass treatment of *Schistosoma mansoni*: experience in hyperendemic areas of Brazil. II. Micro-level evaluation of results. **Ann Trop Med Paritol** 28: 316-367, 1988.

KLOETZEL, K. Reinfection after treatment of schistosomiasis environment or "predisposition". **Rev Inst Med Trop**, São Paulo, 1990.

MAGALHÃES, B. F.; DIAS, C. B. Esquistossomose de Manson. Estudos. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v. 41, p. 363-440, 1944.

MAURER, R. L. **Caracterização morfológica e análise por microssatélites de DNA de isolados de campo do *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907, obtidos em Esteio, Rio Grande do Sul. 2005.** Dissertação (Mestrado em Biociências) – Curso de Zoologia, Faculdade de Biociências, Porto Alegre, 2005.

MANYANGADZE, T.; et al. Modelling the spatial and seasonal distribution of suitable habitats of schistosomiasis intermediate host snails using Maxent in Ndumo area, KwaZulu-Natal Province, South Africa. **Parasites & Vectors**. 2016

MANA, P. P. On the relation between plausibility logic and the maximum-entropy principle: a numerical study. **arXiv preprint arXiv:0911.2197**, p. 1–39, 2009.

MARCAL, J.R.O; PATUCCI, M.J.; DIAS, L.C.S. Schistosomiasis mansoni in area of low transmission. I. Impact of control measures. **Rev Inst Med Trop São Paulo** 33: 83-90., 1991.

MELO, A. L; COELHO, P. M. Z. *In*: NEVES, D. P. **Parasitologia Humana**. 11 ed. *Schistosoma mansoni* e a doença. São Paulo: Atheneu, cap. 22, p. 225-245, 2016.

MOSIER, T. M., HILL, D. F; SHARP, K. V. 30-Arcsecond monthly climate surfaces with global land coverage. **Int. J. Climatol.**, 34: 2175–2188, 2014.

MOURA, A.C. M. et al. Atualização de mapa de drenagem como subsídio para a montagem do SIG para a análise da distribuição da esquistossomose em Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiania. **Anais...** Goiânia, v. 16, p. 3551-3558, 2005.

NEVES, D.P. **Parasitologia humana**. 11. ed. São Paulo: Atheneu, 2005

NUNES, K. M. T; et al. Ectopic cutaneous schistosomiasis - Case report. **An. Bras. Dermatol.** Rio de Janeiro, v. 88, n. 6, p. 969-972, 2013.

OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, J. F. Aspectos epidemiológicos da esquistossomose mansônica nos Bairros Novo Horizonte e Campo Limpo, Feira de Santana, Bahia. **Sittentibus Ciências Biológicas**. v. 2, n. 1, p. 69 – 72, 2002.

PARAENSE, W. L. Planorbídeos hospedeiros intermediários de *Schistosoma mansoni*. *In*: CUNHA, A. S. **Esquistossomose Mansônica**. São Paulo: Sarvier, Edusp, 1970.

PARAENSE, W. L. Fauna planorbídica do Brasil. *In*: LACAZ, E.; BARUZZI, C. S., R. G. & SIQUEIRA JR., W. (Eds.). **Introdução à Geografia Médica do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, Edusp, 1972.

PARAENSE, W. L.; CORREA, L. Variation in susceptibility of populations of *Australorbis glabratus* to a strain of *Schistosoma mansoni*. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, 5: 15-22, 1963.

PARAENSE, W. L.; FAURAN, P.; COURMES, E. Observations sur la morphologie, la taxonomie, la répartition géographique et les gîtes d'*Australorbis schrammi*. **Bulletin de la Société de Pathologie Exotique**, 57:1.236-1.254, 1964.

PIMENTA, K. S. S; et al. Neuroesquistossomose: estudo do perfil clínico-patológico e critérios diagnósticos. **Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais**, v. 2, n. 4, p. 120 - 125, 2010.

PIERI, O.S, JURBERG, P. Aspectos etiológicos na sobrevivência dos caramujos vetores da Xistosomose ao tratamento com moluscidas. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 76(1) p. 47-55,1991.

PIERI, O.S.; FAVRE, T.C. Diapausa em *Biomphalaria glabrata*. In: CARVALHO, O.S.; COELHO; P.M.Z; LENZI, H.L. **Schistosoma mansoni e Esquistossomose: uma visão multidisciplinar**. 20 ed., cap, 12. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2008.

PIERI O.S.; THOMAS J.D. Snail host control in the eastern coastal areas of north-east Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz** 82: 197-201, 1987.

PINOTTI, M.; et al. Epidemiologia da esquistossomose e variações periódicas das populações malacológicas de Pernambuco. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, 2: 183-188, 1960.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3, p. 231-259, 2006.

PHILLIPS, S.J. **A brief tutorial on Maxent**, versions: 3.4.1. Disponível em:<
http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/Maxent_tutorial2017.pdf/
>. Acesso em: 10 jan. 2017.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. **Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1).**, 2017. Disponível em:
<http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/>

ROJAS, L.I; et al. Utilização de mapas no campo da epidemiologia no Brasil. **Informe Epidemiológico do SUS**, 8: 25-35, 1999.

RASO, G.; et al. Spatial risk prediction and mapping of *Schistosoma mansoni* infections among schoolchildren living in western Côte d'Ivoire. **Parasitology**, 131: 97-108, 2005.

ROSAS, E. Observações ecológicas sobre *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848) em áreas do Nordeste. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 82, supl. IV: 311-314, 1987.

SAYED, A. A. et al. Identification of Oxadiazoles as New Drug Leads for the Control of Schistosomiasis. **Nature Medicine**, v.14, p. 407–412, 2008.

SILVA, L.C.S; et al. Mielorradiculopatia esquistossomótica. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, Uberaba, v. 37, n. 3, p. 261-272, 2004.

SOUZA, F.P. C.; et al. Esquistossomose mansônica: aspectos gerais, imunologia, patogênese e história natural. **Revista Brasileira de Clínica Médica**. São Paulo, v.9, n.4, p. 300-7,2011.

SOUZA, M. A. A.; MELO, A. L. de. **Ecological aspects of *Biomphalaria* in endemic áreas for shistosomiasis in Brazil**. In: ROKNI, M. B. Shistosomiasis. 1. Ed.cap. 10, p. 193-208, 2012.

SOUZA, D.; et al. **Vigilância Epidemiológica e controle da esquistossomose: normas e instruções**. 1. ed. São Paulo: Centro de Vigilância Epidemiológica Prof. Alexandre Vranjac, 2007. 45p. Disponível em: <http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/cve_manual.htm>. Acesso 06 jun. 2017.

SCHOENER, T. W. Anolis lizards of Bimini: resource partitioning in a complex fauna. **Ecology**, 49:704-726, 1968

TELES, H. M. S.; MARQUES, C. C. A. Estivação de *Biomphalaria tenagophila* (Pulmonata, Planorbidae). **Revista de Saúde Pública**, 23: 76-78, 1989.

TELES, H. M. S. et al. Schistosomiasis mansoni in Bananal (State of São Paulo, Brazil). II. Intermediate hosts. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 97, supl I: 37-41, 2002.

TIMBÓ, M.J.M; LIMA, J.W.O. **Fatores determinantes da manutenção da transmissão da esquistossomose mansônica em área endêmica do Ceará**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Brasil, 1998.

TIBIRIÇA, S.H.C. **Epidemiologia da Esquistossomose em três Municípios da Microrregião de juiz de Fora, Minas Gerais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, 2008.

TUAN, R. Distribuição e diversidade de espécies do gênero *Biomphalaria* em microrregiões localizadas no Médio Paranapanema. **Biota Netrop**, 9(1), p. 279-276, 2009.

VITORINO, R. R. et al. Esquistossomose mansônica: diagnóstico, tratamento, epidemiologia, profilaxia e controle. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 39-45, jan./fev. 2012.

WARREN, D.L.; GLOR, R.E.; TURELLI, M. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. **Ecography**, v.33, p.607-611, 2010.

WARREN, D.L.; GLOR, R.E.; TURELLI, M. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. **Evolution**, v.62, n.11, p.2868–2883, 2008.

WARREN, D.L.; SEIFERT, S.N. Accepted. Environmental niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. **Ecological Applications**, 2011.

WORLDCLIM. **Global Climate Data**. Disponível em: <<http://www.worldclim.org>>. Acesso em: Março, 2017.

WHO, World Health Organization Study Group on the Ecology of Intermediate Snail Hosts of Bilharziasis, **Technical Report Series**. World Health Organization, Geneva, 120 p. 1957.

ZHANG, G. et al. **Afrique ou Asie, quelle est l'origine évolutive des schistosomes humains?**. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Series III, 324: 1.001-1.010, 2001

ANEXO A - FOLHA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**UFES - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO**



Continuação do Parecer: 1.971.370

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com Rhayane Figueiredo Ramos, os riscos e benefícios do projeto **MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO DE BIOMPHALARIA SPP (PRESTON, 1910) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - BRASIL** são:

Riscos:

Neste estudo os participantes estariam sujeitos a divulgação de suas informações. Para que isso não ocorra, o pesquisador responsável, ao perceber qualquer risco ou dano significativo ao participante da pesquisa, previstos, ou não, no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, será comunicado imediatamente ao Sistema CEP/CONEP, e avaliar, em caráter emergencial, a necessidade de adequar ou suspender o estudo.

Benefícios:

Por ser um estudo de previsão, este projeto contribuirá na compreensão da distribuição potencial das espécies envolvidas na transmissão da esquistossomose, bem como na predição de áreas com potencial de risco para o aparecimento da doença."

Os riscos e benefícios estão de acordo com a Res. CNS N° 466/12.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto possui relevância científica e social.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

No projeto **MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO DE BIOMPHALARIA SPP (PRESTON, 1910) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - BRASIL** do pesquisador Rhayane Figueiredo Ramos constam os seguintes documentos:

Folha de rosto: apresentada e adequada

Projeto detalhado: apresentado

TCLE: No projeto postado na plataforma afirma que ocorre dispensa do deste termo, por se tratar de pesquisa retrospectiva com uso de relatórios gerados pela Secretaria de Estado da Saúde e pelo Núcleo de entomologia e Malacologia do Espírito Santo.

Termo de Sigilo e Confidencialidade: apresentado e adequado

Termo de anuência da Instituição onde a pesquisa será realizada: apresentado e adequado

Cronograma: apresentado

Orçamento: apresentado

Endereço: Av. Marechal Campos 1468

Bairro: SH

CEP: 29.040-091

UF: ES

Município: VITÓRIA

Telefone: (27)3338-7211

E-mail: cep.ufes@hotmail.com

**UFES - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO**



Continuação do Parecer: 1.971.378

Recomendações:

-

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não Há pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_709576.pdf	21/02/2017 15:10:58		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_mestrado_Rhayane_metodologi a.docx	21/02/2017 15:05:34	Rhayane Figueiredo Ramos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_responsabilidade.pdf	14/12/2016 23:33:03	Rhayane Figueiredo Ramos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Anuencia_Sesa_segunda_F olha.pdf	14/12/2016 23:32:38	Rhayane Figueiredo Ramos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_confidenciabilidade_Sesa.pdf	14/12/2016 23:30:38	Rhayane Figueiredo Ramos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_anuencia_Sesa.pdf	14/12/2016 23:28:48	Rhayane Figueiredo Ramos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Requerimento.pdf	14/12/2016 23:23:04	Rhayane Figueiredo Ramos	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	05/09/2016 22:49:15	Rhayane Figueiredo Ramos	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Aprovação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Marechal Campos 1468

Bairro: S/N

CEP: 29.040-001

UF: ES

Município: VITÓRIA

Telefone: (27)3335-7211

E-mail: cep.ufes@hotmail.com